



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE MECATRÓNICA

DISEÑO DEL SISTEMA DE INTERCONEXIÓN DE DISPOSITIVOS
INTELIGENTES BASADO EN ROS PARA EL VEHÍCULO AUTÓNOMO
ANTA

Trabajo de titulación previo a la obtención
del título de Ingeniero en Mecatrónico

AUTORES: JAROLD ALEXANDER PAZMIÑO VILLAVICENCIO

TUTOR: ING. JUÁN PAUL ORTIZ GONZÁLEZ, MGTR.

Cuenca – Ecuador

2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Jarold Alexander Pazmiño Villavicencio con documento de identificación N° 0705589935 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Ciudad, 14 de marzo del 2024

Atentamente,



Jarold Alexander Pazmiño Villavicencio
0705589935

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Yo, Jarold Alexander Pazmiño Villavicencio con documento de identificación N° 0705589935, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto Técnico: "Diseño del sistema de interconexión de dispositivos inteligentes basado en ROS para el vehículo autónomo ANTA.", el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Ciudad, 14 de marzo del 2024

Atentamente,



Jarold Alexander Pazmiño Villavicencio
0705589935

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Juan Paul Ortiz González con documento de identificación N° 0104198684, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO DEL SISTEMA DE INTERCONEXIÓN DE DISPOSITIVOS INTELIGENTES BASADO EN ROS PARA EL VEHÍCULO AUTÓNOMO ANTA, realizado por Jarold Alexander Pazmiño Villavicencio con documento de identificación N° 0705589935, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Ciudad, 14 de marzo del 2024



Juan Paul Ortiz González

0104198684

Dedicatoria

Jarold Pazmiño

En este momento especial, quiero tomar un momento para expresar mi gratitud por el amor, la guía y el apoyo que siempre me han brindado. Vuestra dedicación como padres ha sido un faro de luz en mi vida, guiándome en cada paso del camino.

Mamá María, tu fuerza y sabiduría han sido mi inspiración. Tu dedicación como ingeniera y tu amor incondicional han sido pilares fundamentales en mi vida. Papá John, tu determinación y valentía son admirables. Tu conocimiento como ingeniero y tu apoyo constante han sido fundamentales para mi crecimiento y desarrollo.

Además, reconozco y valoro profundamente mi fe en Dios, que nos ha unido como familia y nos ha dado fuerza en los momentos difíciles. Creer en Su amor y guía nos ha dado esperanza y confianza en el futuro.

Agradecimientos

Jarold Pazmiño

En este emotivo momento de mi trayectoria académica, quiero expresar mi profunda gratitud a mis padres, ingenieros María Villavicencio y John Pazmiño, por su amor y apoyo incondicional. Agradezco a Dios por su guía y gracia divina, que me han sostenido en los momentos difíciles y alegrado en los felices.

Mi tutor de tesis, ingeniero Paul Ortiz, merece un agradecimiento especial por su orientación y paciencia. También reconozco la invaluable contribución de mis profesores, como la ingeniera Monica Romero, el ingeniero Eddy Ayala y el ingeniero Eugenio Cardenas, cuyas enseñanzas han enriquecido mi comprensión y preparado para desafíos profesionales. Cada interacción con ellos ha sido un regalo que atesoro. Este logro es el resultado del amor y apoyo de estas personas maravillosas. Llevaré sus lecciones con gratitud, humildad y un compromiso firme de hacer una diferencia positiva en el mundo.

Este documento fue realizado enteramente en L^AT_EX

Índice

Lista de Tablas

Lista de Figuras

Resumen

El trabajo de titulación se desarrolla en el contexto del grupo de investigación en ingeniería del transporte (GIIT) de la Universidad Politécnica Salesiana, que se enfoca en la investigación y desarrollo de conocimientos innovadores en ingeniería de transporte. El objetivo central de este proyecto es el desarrollo de sistemas de comunicación del vehículo autónomo llamado ANTA, el cual cuenta con sistemas de sensores y dispositivos de control para su operación autónoma. Sin embargo, estos sistemas operan de manera independiente, lo que genera limitaciones en el monitoreo y control del vehículo.

El problema general del estudio se enfoca en encontrar el diseño ideal para el sistema de interconexión de dispositivos inteligentes con el sistema ROS (Robot Operating System) para el vehículo autónomo ANTA. Los problemas específicos incluyen establecer parámetros para el diseño de esta interconexión, proponer el diseño mismo, verificar la conexión entre los dispositivos y el sistema ROS, así como analizar posibles restricciones del sistema ROS en el movimiento del vehículo.

El objetivo principal de este trabajo es el diseño y la implementación de un sistema de interconexión avanzado para dispositivos inteligentes, utilizando el sistema ROS (Robot Operating System), específicamente para el vehículo autónomo ANTA. Esto incluye la creación de un diseño de blindaje robusto para proteger la computadora principal del vehículo. Para lograr esto, se establecerán parámetros iniciales de diseño, se desarrollará una propuesta de interconexión, se verificará la integración efectiva de los dispositivos con ROS, y se analizarán las restricciones potenciales que podría imponer el sistema ROS en la movilidad y operatividad del vehículo.

El proyecto se llevará a cabo en los talleres de mecánica de la Universidad Politécnica Salesiana, recopilando información relevante de trabajos de titulación previos, así como documentación relacionada con el tema. Con estos objetivos y problemas claramente definidos, el trabajo de titulación se enfocará en el diseño y la implementación de un sistema de interconexión eficiente y efectiva para el vehículo autónomo ANTA utilizando el sistema ROS.

Palabras clave: ANTA, ROS, Vehículos autónomos, Interconexión, Dispositivos inteligentes, sistema de blindaje.

Abstract

The degree work is developed in the context of the transportation engineering research group (GIIT) of the Salesian Polytechnic University, which focuses on the research and development of innovative knowledge in transportation engineering. The central objective of this project is the development of communication systems for the autonomous vehicle called ANTA, which has sensor systems and control devices for its autonomous operation. However, these systems operate independently, which creates limitations in vehicle monitoring and control.

The general problem of the study focuses on finding the ideal design for the interconnection system of intelligent devices with the ROS system (Robot Operating System) for the ANTA autonomous vehicle. Specific problems include establishing parameters for the design of this interconnection, proposing the design itself, verifying the connection between the devices and the ROS system, as well as analyzing possible restrictions of the ROS system on the movement of the vehicle.

The main objective of this work is the design and implementation of an advanced interconnection system for smart devices, using the ROS system (Robot Operating System), specifically for the ANTA autonomous vehicle. This includes creating a robust shielding design to protect the vehicle's main computer. To achieve this, initial design parameters will be established, an interconnection proposal will be developed, the effective integration of the devices with ROS will be verified, and the potential restrictions that the ROS system could impose on the mobility and operability of the vehicle will be analyzed.

The project will be carried out in the mechanics workshops of the Salesian Polytechnic University, collecting relevant information from previous degree work, as well as documentation related to the topic. With these objectives and problems clearly defined, the degree work will focus on the design and implementation of an efficient and effective interconnection system for the ANTA autonomous vehicle using the ROS system.

Keywords: ANTA, ROS, Autonomous vehicles, Interconnection, Smart devices, shielding system.

1. Introducción

En la encrucijada de la ingeniería y la tecnología, la Universidad Politécnica Salesiana se ha establecido como un faro de innovación, especialmente a través de su Grupo de Investigación en Ingeniería del Transporte (GIIT). Este grupo se ha lanzado a la ambiciosa tarea de desarrollar ANTA, un vehículo autónomo cuya meta es transformar radicalmente los paradigmas de movilidad y logística.

El vehículo ANTA, con su complejo entramado de sensores y sistemas de control, simboliza el pináculo de la tecnología autónoma. Sin embargo, se topa con la imperiosa necesidad de una arquitectura integrada que habilite la interacción armoniosa entre sus distintos componentes. Esta deficiencia se manifiesta en la forma fragmentada de monitoreo y control, presentando un desafío significativo.

El propósito de este estudio es trascender dichos obstáculos, articulando un diseño para un sistema de interconexión de dispositivos inteligentes, con el apoyo del Robot Operating System (ROS). Este esfuerzo no solo busca mejorar la comunicación entre los diversos sensores y actuadores de ANTA, sino que también aspira a servir como prototipo modular y versátil para futuras iniciativas de vehículos autónomos.

Específicamente, la investigación abordará la integración de datos de lidar, sensores de proximidad, cámaras y otros dispositivos, persiguiendo una cohesión que se traduzca en una interfaz más intuitiva entre el ser humano y la máquina. Bajo estas premisas, este proyecto tomará vida en las instalaciones de la Universidad Politécnica Salesiana, en la ciudad de Cuenca, aprovechando los recursos y la sabiduría acumulada de investigaciones anteriores y trabajos de titulación.

2. Problema

2.1. Antecedentes

El concepto de vehículos autónomos ha evolucionado significativamente desde sus inicios concebidos como una visión futurista, estos vehículos se han convertido en una realidad tangible gracias a los avances en diversas áreas de la ingeniería y la tecnología. La Universidad Politécnica Salesiana no ha sido ajena a esta revolución tecnológica y, a través del Grupo de Investigación en Ingeniería del Transporte (GIIT), ha emprendido el ambicioso proyecto de desarrollar su propio vehículo autónomo, conocido como ANTA.

El GIIT ha sido un actor clave en la investigación aplicada al campo del transporte, contribuyendo al desarrollo tecnológico y a la generación de conocimiento innovador en ingeniería de transporte. Este grupo ha centrado sus esfuerzos en crear soluciones que no solo impulsan el avance científico y tecnológico, sino que también generan un impacto positivo en la sociedad, promoviendo una movilidad segura, eficiente y sostenible.

En este contexto, el vehículo autónomo ANTA representa un paso significativo hacia la generación de una movilidad segura y sostenible. Concebido como un laboratorio móvil, este vehículo está equipado con una variedad de sensores y dispositivos de última generación, diseñados para permitir su operación independiente en diversas condiciones ambientales y de tráfico. Sin embargo, a pesar de los avances logrados en su desarrollo, la intercomunicación entre sus componentes internos ha surgido como un desafío fundamental.

2.2. Descripción del problema

La implementación del sistema de interconexión de dispositivos inteligentes basado en ROS para el vehículo autónomo ANTA introduce un conjunto avanzado de componentes informáticos cruciales para su operación autónoma. Sin embargo, este progreso tecnológico también expone los elementos electrónicos a posibles amenazas externas, como impactos mecánicos, vibraciones y condiciones ambientales adversas. La necesidad de salvaguardar estos componentes informáticos, vitales para el funcionamiento del vehículo autónomo, se convierte en una preocupación central.

En este contexto, surge la interrogante sobre la viabilidad de diseñar un sistema de blindaje mecánico que proteja de manera efectiva los componentes informáticos del vehículo autónomo ANTA. Este sistema de blindaje busca mitigar riesgos potenciales asociados con factores externos, asegurando la integridad y la operatividad continua de los dispositivos inteligentes interconectados. La implementación exitosa de dicho sistema no solo contribuirá a la durabilidad y la fiabilidad de los componentes, sino que también respaldará la funcionalidad cohesiva del sistema ROS, promoviendo así un rendimiento adecuado del vehículo autónomo ANTA en diversas condiciones operativas y entornos desafiantes.

2.3. Importancia y alcances

El trabajo de titulación se enfocará en dos aspectos fundamentales para el vehículo autónomo ANTA. En primer lugar, la implementación de un sistema de comunicación basado en ROS potenciará la coordinación entre sus dispositivos, optimizando la eficiencia operativa. Además, se abordará el desarrollo de un sistema de blindaje mecánico para la computadora principal, incorporando un diseño innovador que permita un adecuado ingreso de aire y asegure una temperatura óptima. Estos avances no solo fortalecerán la seguridad y confiabilidad del vehículo, sino que también contribuirán a la evolución de estándares en la gestión térmica y comunicación para futuros proyectos de vehículos autónomos.

Al finalizar el presente proyecto se obtendrá un sistema para gestión de:

- Controladores de movimiento.
- Interfaz humano maquina.

2.4. Delimitación

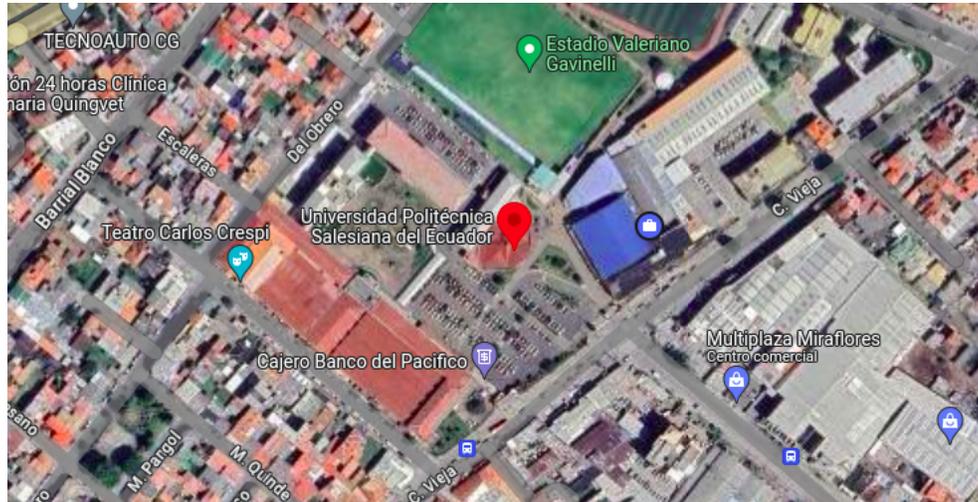
El problema de estudio se delimitará en las siguientes dimensiones:

2.4.1. Espacial o geográfica

El proyecto se llevará a cabo en la Universidad Politécnica Salesiana. Ubicada en la ciudad de cuenca provincia del Azuay, de manera especifica en los talleres de mecánica. Cabe recalcar que la información necesaria será recabada de otros trabajos de titulación, industrial y documentación relacionada al tema.

Figura 1

Universidad Politécnica Salesiana.



Nota: Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca.

2.4.2. Temporal

En este proyecto de tesis de interconexión entre dispositivos inteligente por el software ROS se realizará en el periodo académico de Septiembre 2023 hasta Febrero 2024, durante el transcurso de la asignatura de “Integración curricular” cubriendo un total de 240 horas.

2.4.3. Sectorial o institucional

El proyecto será realizado en la Universidad Politécnica Salesiana, para el desarrollo del vehículo autónomo ANTA.

2.5. Problema General

- ¿Cual es el diseño idóneo para el sistema de interconexión de dispositivos inteligentes basado en ROS para el vehículo autónomo ANTA.?

2.6. Problemas Específicos

- ¿Se podrá establecer los parámetros para el diseño de la arquitectura de interconexión de dispositivos inteligentes con el sistema ROS para el vehículo autónomo ANTA?
- ¿Es factible proponer el diseño de la interconexión de dispositivos inteligentes con el sistema ROS para el vehículo autónomo ANTA?
- ¿Es posible analizar restricciones del sistema ROS para el movimiento del vehículo autónomo ANTA.?
- ¿Es posible diseñar un sistema de blindaje mecánico para salvaguardar los componentes informáticos del vehículo autónomo ANTA.?

3. Objetivos

El objetivo principal de este proyecto es diseñar e implementar un sistema integral de interconexión de dispositivos inteligentes basado en el Robot Operating System (ROS) para el vehículo autónomo ANTA. Además, busca desarrollar un sistema de blindaje mecánico para salvaguardar los componentes informáticos de la computadora principal del vehículo, asegurando un diseño que permita un adecuado flujo de aire para mantener una temperatura óptima. El propósito final es mejorar la eficiencia, seguridad y autonomía del vehículo, estableciendo un estándar innovador en la interconexión y protección de sistemas en el ámbito de los vehículos autónomos.

3.1. Objetivo General

- Diseñar el sistema de interconexión de dispositivos inteligentes basado en ROS para el vehículo autónomo ANTA.

3.2. Objetivos Específicos

- Establecer los parámetros iniciales para el diseño de interconexión de dispositivo inteligente con el sistema ROS para el vehículo autónomo ANTA.
- Proponer el diseño de la interconexión de dispositivos inteligentes con el sistema ROS para el vehículo autónomo ANTA.

- Analizar posibles restricciones del sistema ROS para el movimiento del vehículo autónomo ANTA.
- Proponer el diseño de un sistema de blindaje mecánico para salvaguardar los componentes informáticos del vehículo autónomo ANTA.

4. Hipótesis

Para este proceso indicaremos la hipótesis general y específica, en donde planteo los diferentes puntos a tomar en cuenta para el desarrollo de la interconexión de dispositivos inteligentes.

4.1. Hipótesis General

- El diseño del sistema que permitirá la interconexión de dispositivos inteligentes basado en ROS para el vehículo autónomo ANTA.

4.2. Hipótesis Específicas

- Se establecerá las condiciones de diseño de interconexión de dispositivos inteligente con el sistema ROS para el vehículo autónomo ANTA.
- Se propondrá el diseño de la interconexión de dispositivos inteligentes con el sistema ROS para el vehículo autónomo ANTA.
- Se evaluara las posibles restricciones del sistema ROS para el movimiento del vehículo autónomo ANTA.
- Se propondrá el diseño de un sistema de blindaje mecánico para salvaguardar los componentes informáticos del vehículo autónomo ANTA.

5. Marco Teórico

5.1. Vehículo autónomos

Los vehículos autónomos son sistemas robóticos móviles controlados por computadora, diseñados para operar independientemente sin intervención humana directa. Estos vehículos

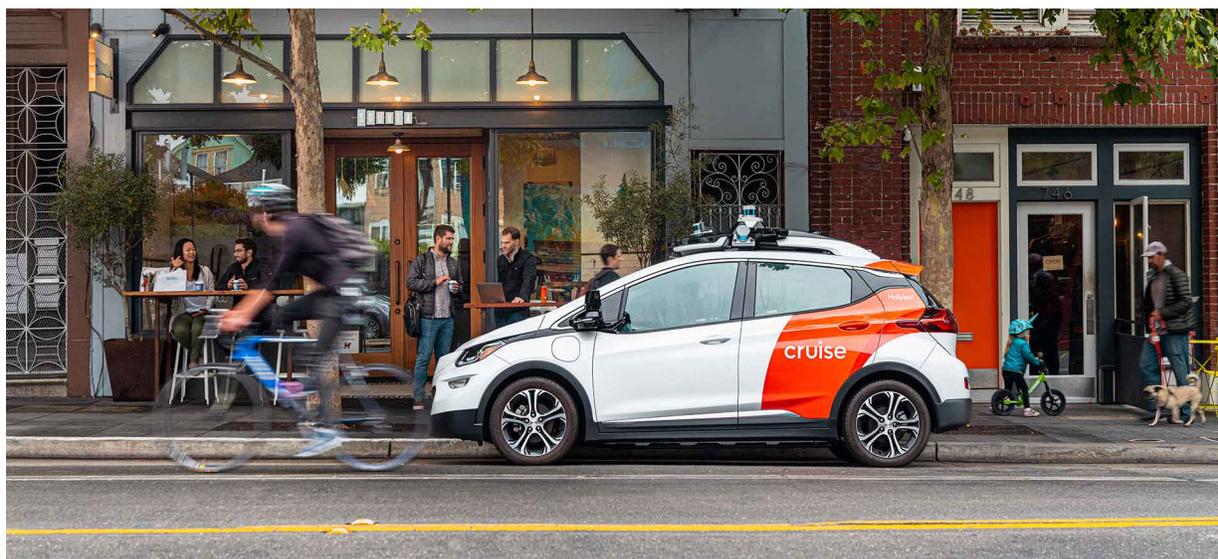
integran tecnologías avanzadas de sensores, procesamiento de datos y control para realizar tareas de navegación y manejo de manera autónoma. Los desarrollos en esta área abarcan desde aplicaciones industriales, como los AGVs, hasta prototipos experimentales con diversas funcionalidades y enfoques de diseño. Cada uno de estos estudios contribuye al entendimiento y avance en el campo de la robótica y la ingeniería de vehículos autónomos. (Madrigal Moreno, 2019)

5.1.1. Cruise

Cruise es una empresa innovadora en el campo de los vehículos autónomos, centrada en mejorar la seguridad, la sostenibilidad y la inclusividad en el transporte urbano. Su tecnología busca transformar cómo nos movemos, ofreciendo viajes completamente eléctricos y sin conductor para hacer las calles más seguras y accesibles. Cruise colabora con organizaciones y comunidades para crear un futuro de transporte equitativo, destacando su compromiso con la reducción del impacto ambiental y la promoción de la diversidad.

Figura 2

Vehículo Cruise



Nota: Representación de un vehículo Cruise, enfocándose en las tecnologías de conducción autónoma y su impacto en la seguridad y eficiencia de la movilidad urbana. (About Cruise - Our Mission, s.f.)

Accidentes: Cruise Automation, una empresa líder en el ámbito de los vehículos autónomos ha enfrentado diversos incidentes durante sus pruebas y operaciones, resaltando los desafíos de implementar esta tecnología en entornos urbanos complejos y la primacía de la seguridad. A pesar de los percances, incluyendo obstrucciones a servicios de emergencia, atropellos con lesiones graves, y un trágico fallecimiento, Cruise se esfuerza por mejorar la seguridad y eficiencia de sus sistemas. Estos eventos subrayan la necesidad urgente de regulaciones efectivas para asegurar un futuro automotriz más seguro y sostenible, demostrando el compromiso de Cruise con el aprendizaje continuo y la mejora de sus protocolos de seguridad.(de Lara, 2023)

Características y componentes: Cruise Automation ha desarrollado un sistema de conducción autónoma asequible que puede instalarse en cualquier coche por menos de 10,000 Dolares. El sistema, denominado Cruise RP-1, incluye un conjunto de sensores y radares montados en el techo del vehículo que recopilan datos del entorno, controlados por un ordenador central que toma decisiones mediante algoritmos. Inicialmente adaptado para modelos Audi A4 y S4, el sistema se centra principalmente en la autopista, controlando el acelerador, los frenos y el volante, permitiendo desactivar fácilmente el modo automático.(*Cruise Automation: la startup low cost de los coches autónomos*, 2023)

5.1.2. Tesla

Tesla es una compañía innovadora en el ámbito de los vehículos eléctricos y la energía sostenible, reconocida por su liderazgo en la producción de automóviles eléctricos, sistemas de almacenamiento de energía y soluciones solares. Se destaca por su compromiso con la aceleración de la transición mundial hacia la energía sostenible.(*About Tesla*, 2023)

Figura 3

Vehículo Tesla



Nota: Imagen de un vehículo Tesla destacando la innovación en la producción de automóviles eléctricos y sistemas de almacenamiento de energía. (*Tesla España*, 2023)

Accidentes: Los vehículos de Tesla equipados con tecnología de conducción autónoma estuvieron implicados en 273 accidentes en Estados Unidos, representando casi el 70 por ciento de los 392 accidentes relacionados con sistemas avanzados de asistencia al conductor reportados en el último año. Estos incidentes incluyen seis muertes, cinco de las cuales estaban vinculadas a vehículos Tesla. La tecnología Autopilot de Tesla permite a los vehículos mantener velocidad y distancia, permanecer en los carriles y realizar cambios de carril en autopistas, mientras que el sistema "Full Self-Driving" agrega capacidades para maniobrar en entornos urbanos. Sin embargo, ha habido preocupaciones sobre la seguridad de esta tecnología, lo que ha llevado a un número creciente de investigaciones y advertencias públicas dirigidas a Tesla. (*Los autos con conducción autónoma de Tesla estuvieron implicados en 273 accidentes en EEUU*, 2023)

Características y componentes: Tesla destaca sus avanzadas características de seguridad y comodidad diseñadas para aliviar las partes más exigentes de la conducción. Cada Tesla está equipado con un hardware capaz de ofrecer funciones de Piloto Automático y la posibilidad de conducción autónoma total mediante actualizaciones de software. El sistema utiliza ocho cámaras que proporcionan visibilidad de 360 grados hasta 250 metros, un procesamiento de visión avanzado y una potencia de procesamiento 40 veces mayor que la generación anterior.

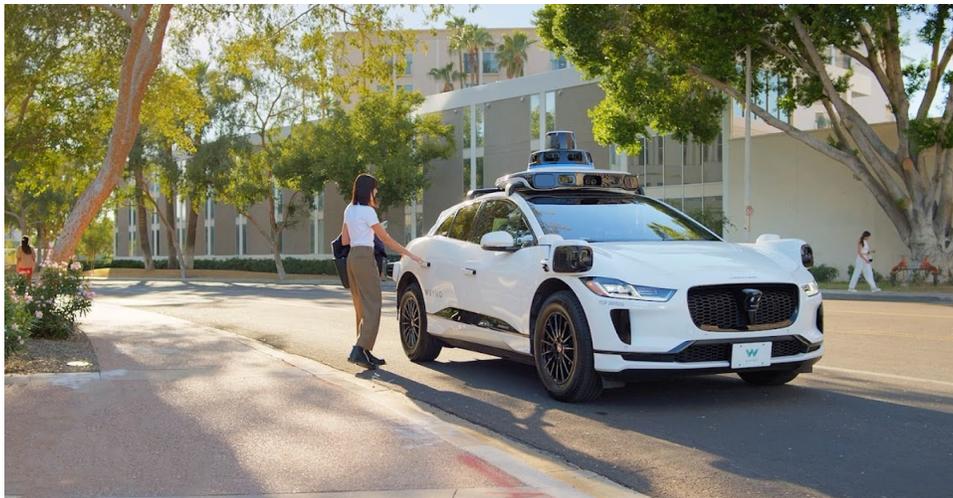
Tesla Vision, una red neuronal profunda, analiza el entorno con alta fiabilidad, superando las técnicas clásicas de procesamiento de imágenes. Las funcionalidades incluyen aceleración, frenado y giro automáticos dentro del carril, sugerencias de cambio de carril para optimizar rutas y Smart Summon para maniobrar en estacionamientos. A pesar de estas avanzadas capacidades, se requiere supervisión activa del conductor, ya que el vehículo aún no es completamente autónomo. (*Piloto automático / Tesla, 2023*)

5.1.3. Waymo

Waymo es una empresa pionera en el desarrollo de tecnología para vehículos autónomos, con el objetivo de mejorar la accesibilidad y la seguridad en el transporte. Fundada como un proyecto de Google en 2009, Waymo se ha convertido en una compañía independiente bajo el paraguas de Alphabet Inc. Se centra en el desarrollo de la tecnología de conducción autónoma conocida como "Waymo Driver", la cual pretende transformar el modo en que las personas y los bienes se desplazan. La misión de Waymo es hacer que sea seguro y fácil para todo y todos llegar a donde necesitan ir.

Figura 4

Vehículo waymo



Nota: Vehículo Waymo ilustrando los avances en tecnologías de conducción autónoma y su integración en entornos urbanos. (Waymo, 2023)

Accidentes: Los vehículos autónomos de Waymo han demostrado una seguridad notable, registrando solo 3 heridos leves tras 115 millones de kilómetros recorridos, lo que evidencia una probabilidad seis veces menor de sufrir accidentes con lesiones en comparación con los vehículos conducidos por humanos. Este avance posiciona a Waymo por delante de su competencia, como Cruise, que ha enfrentado incidentes más graves. Waymo, originado como un proyecto secreto de Google y ahora una entidad independiente, ha colaborado con Volvo y realizado extensas pruebas para integrar su tecnología de conducción autónoma. (Vanguardia, 2023)

Características y componentes: Las características de los vehículos autónomos de Waymo incluyen avanzadas tecnologías de conducción autónoma como LIDAR, radar, cámaras de alta resolución y algoritmos de inteligencia artificial para la percepción, la toma de decisiones y la navegación. Estos sistemas permiten que los vehículos de Waymo operen de manera segura y eficiente en diversas condiciones de tráfico y climáticas. Waymo ha logrado un hito al recorrer millones de kilómetros en pruebas públicas con un registro de seguridad notable, demostrando la viabilidad de la tecnología autónoma para el transporte cotidiano. (Waymo, 2023)

5.2. Dispositivos inteligentes

En la avanzada esfera de la automoción autónoma, los dispositivos inteligentes constituyen la infraestructura crítica que dota a los vehículos de su capacidad para operar de forma independiente. Estos dispositivos, que abarcan desde sensores hasta sistemas de procesamiento de datos, se integran para crear una sinergia que permite al vehículo interpretar su entorno, tomar decisiones informadas y ejecutar acciones con precisión, todo ello sin necesidad de intervención humana. Estos sistemas avanzados se basan en la percepción, el procesamiento y la ejecución para navegar y responder a una amplia gama de escenarios de tráfico.

La siguiente tabla proporcionará un resumen conciso de los dispositivos clave empleados por vanguardistas en la industria como Waymo, Cruise y Tesla. Esta compilación no solo reflejará la variedad de tecnologías utilizadas sino también la heterogeneidad en la aproximación al diseño de la autonomía vehicular. Cada dispositivo listado es un testimonio de los rápidos avances en el campo y de la ingeniería centrada en la seguridad y eficiencia.

A continuación de desarrollar la tabla 1 mencionada anterior mente, con el fin de identificar los diferentes dispositivos inteligentes utilizados en los vehículos autónomos mencionando anteriormente.

Tabla 1*Dispositivos Utilizados en Vehículos Autónomos de Waymo, Cruise y Tesla*

Dispositivo	Waymo	Cruise	Tesla
LIDAR	Sí	Sí	No
Cámaras	Sí	Sí	Sí
Radar	Sí	Sí	Sí
Ultrasonidos	Sí	Sí	Sí
Computadora de a bordo	Sí	Sí	Sí
Software de conducción autónoma	Sí	Sí	Sí
Sensores de posición GNSS	Sí	Sí	Sí
Sensores térmicos	No	No	Sí

Nota: Esta tabla presenta una comparación de los dispositivos inteligentes empleados en los vehículos autónomos de las empresas líderes Waymo, Cruise y Tesla. Los dispositivos listados incluyen sistemas de detección como LIDAR, que es utilizado por Waymo y Cruise pero no por Tesla; cámaras y radar, que son comunes a los tres fabricantes; y sensores de posición GNSS, fundamentales para la navegación precisa.

Los dispositivos inteligentes desempeñan un papel vital en la orquestación de la autonomía de los vehículos, proporcionando las capacidades esenciales para la percepción ambiental, el procesamiento de datos y la toma autónoma de decisiones. Estos componentes avanzados son fundamentales en la implementación de sistemas de conducción autónoma, ya que son los que permiten que los vehículos operen de forma segura y eficiente sin la intervención del conductor.

En el marco del proyecto ANTA, se han seleccionado una serie de dispositivos inteligentes de vanguardia que facilitarán las funciones críticas requeridas para la autonomía del vehículo. Estos dispositivos han sido cuidadosamente elegidos por su capacidad probada en la industria y su integración sinérgica con la arquitectura del vehículo. A continuación, se detallará un inventario de estos dispositivos, destacando su función específica dentro del sistema y su contribución al rendimiento general del vehículo autónomo ANTA.

5.2.1. COMPUTADORA INDUSTRIAL - NUVO-8111

La Nuvo-8111 es una PC industrial económica con 3 ranuras de expansión, optimizada para tarjetas gráficas NVIDIA® de 200 W, como la RTX 3060/3060 Ti, para ofrecer un rendimiento impresionante en aplicaciones de IA. Con hasta 20 TFLOPS en FP32, mejora

significativamente el rendimiento en automatización de fábricas, reconocimiento de imágenes, y robótica. Incorpora un procesador Intel® Core™ de 9.ª/8.ª generación con chipset H310, ranuras PCIe para expansión de GPU y tarjetas de E/S, y múltiples opciones de almacenamiento incluyendo dos bahías para SSD/HDD SATA y un zócalo mSATA. La serie Nuvo-8111, diseñada para facilitar la integración de la IA en la producción y automatización de fábricas, ofrece una solución robusta y compacta para avanzar en la inteligencia artificial en entornos industriales.(Technology, 2020)

Figura 5

Computadora industrial



Nota: Computadora industrial NUVO-8111, resaltando su capacidad para soportar tarjetas gráficas NVIDIA® de alta potencia y su uso en IA y robótica.(Technology, 2020)

5.2.2. BFS-PGE-16S2 Cámara monocular

La BFS-PGE-16S2 Cámara monocular es una cámara de visión artificial de alta resolución que se utiliza en aplicaciones industriales y de robótica. Esta cámara cuenta con un sensor CMOS Sony IMX273 de 1,6 megapíxeles y un obturador global. La cámara tiene una resolución de 1440x1080 y una velocidad de fotogramas máxima de 78 FPS.

La BFS-PGE-16S2 se conecta a través de Ethernet GigE y es compatible con Power over

Ethernet (PoE). La cámara cuenta con una montura CS y un rango de temperatura de operación de 0°C a 50°C. La BFS-PGE-16S2 es compatible con la biblioteca de software SDK de FLIR Blackfly S, que incluye una API extensa y software de desarrollo para Windows y Linux. Las aplicaciones de la BFS-PGE-16S2 incluyen la inspección de calidad, la detección de objetos y la navegación autónoma.(BLACKFLYS, 2018)

Figura 6

Cámara monocular.



Nota: Cámara monocular BFS-PGE-16S2 utilizada en visión artificial para aplicaciones industriales y de robótica con alta resolución y velocidad de fotogramas.(BLACKFLYS, 2018)

5.2.3. CISCO SG95D-08

El equipo Cisco SG95D-08 es un switch no administrado de la serie 95 de Cisco que proporciona conectividad básica de red y confiabilidad para pequeñas empresas sin complejidad. Este switch cuenta con 8 puertos RJ-45 para redes Ethernet de 10/100/1000 Mbps y tiene una capacidad de conmutación de 16 Gbps. El switch se conecta a través de Ethernet y es compatible con Power over Ethernet (PoE).

El switch no requiere software de instalación ni configuración, simplemente se conecta y se utiliza. El switch tiene un peso de 0.19 kg y un tamaño de 160 x 90 x 30 mm. El switch es compatible con la biblioteca de software SDK de Cisco, que incluye una API extensa y software de desarrollo para Windows y Linux. Las aplicaciones del equipo Cisco SG95D-08 incluyen la conexión de dispositivos de red en pequeñas empresas y hogares. El switch funciona con un voltaje de DC 12V y una corriente de 500mA.(CISCO, 2020)

Figura 7

Conmutador Ethernet



Nota: Switch no administrado CISCO SG95D-08 proporcionando conectividad básica de red y confiabilidad para pequeñas empresas y hogares.(CISCO, 2020)

5.2.4. GNSS CHCNAV - CGI-610

El equipo CHCNAV CGI-610 es un receptor de doble antena de alta precisión que proporciona soluciones de navegación y posicionamiento fiables y precisas para aplicaciones exigentes en tierra, mar o aire. Este equipo es un sensor GNSS/INS que se utiliza en aplicaciones de control 3D y de guía de vehículos autónomos.

El equipo cuenta con una función de eliminación de ruido y una capacidad de conmutación de hasta 100 Hz para cumplir con los requisitos de aplicaciones altamente dinámicas. El equipo se conecta a través de Ethernet y es compatible con Power over Ethernet (PoE). El equipo cuenta con una resistencia a la temperatura de -40°C a 75°C y es compatible con Raspberry Pi y Arduino.

El equipo funciona con un voltaje de 9 a 36 VDC y una corriente de 0.5 A. Las aplicaciones del equipo CHCNAV CGI-610 incluyen la navegación autónoma, la cartografía, la topografía, la agricultura de precisión, la inspección de infraestructuras y la vigilancia. El equipo cuenta con una carcasa extremadamente robusta y ligera, lo que garantiza un funcionamiento ininterrumpido en los entornos más exigentes. (CHCNAV, 2023)

Figura 8

Receptor GPS de alta precisión.



Nota: Receptor GPS de alta precisión CHCNAV CGI-610 para navegación autónoma y aplicaciones de mapeo y topografía.(CHCNAV, 2023)

5.2.5. RS-Helios-16P - Lidar

El RS-Helios-16P es un LiDAR mecánico de nueva generación con un rendimiento mejorado respecto a su predecesor, el RS-LiDAR-16. Ha aumentado su alcance de detección y reducido la zona ciega de proximidad de 0.4 a 0.2 metros, con la capacidad de detectar objetos de baja reflectividad hasta 90 metros. Además, ha actualizado su modo de transmisión de datos a una interfaz Ethernet a bordo que admite sincronización de hardware (GPS + PPS) y de red (protocolos PTP), lo que disminuye notablemente el retraso en la transmisión de datos y simplifica la disposición de los cables.(ROBOSENSE, 2021)

Figura 9

Lidar.



Nota: LiDAR RS-Helios-16P, un sensor avanzado para detección y navegación en vehículos autónomos con mayor alcance y menor zona ciega. (ROBOSENSE, 2021)

5.3. Sistemas de comunicaciones para los vehículos autónomos

Los sistemas de comunicación para vehículos autónomos son fundamentales para su funcionamiento seguro y eficiente. Estos sistemas utilizan una variedad de tecnologías para detectar el entorno, tomar decisiones de conducción y comunicarse con otros vehículos y la infraestructura vial. Según la información recopilada de diversas fuentes, los sistemas de comunicación clave incluyen:

5.3.1. Sistemas de comunicación Ethernet

La comunicación Ethernet en vehículos autónomos es un elemento esencial que permite la transmisión de información a alta velocidad, crucial para la toma de decisiones en tiempo real y la interacción segura con el medio ambiente. Esta tecnología forma parte de un ecosistema de sistemas avanzados de asistencia al conductor (ADAS) y otras tecnologías clave

que facilitan la conducción autónoma, como sensores, GPS y unidades de procesamiento de datos. La comunicación vehículo a vehículo (V2V) y vehículo a infraestructura (V2I) mejora significativamente la seguridad y eficiencia de la conducción.(Goyo, 2024)

- **Protocolos y estándares:** Automotive Ethernet utiliza una amplia gama de velocidades de transmisión, desde 10 Mbps hasta 10 Gbps. Los estándares IEEE Time Sensitive Networking (TSN) proporcionan características esenciales para la comunicación automotriz, como alta confiabilidad y demoras limitadas, soporte para tráfico programado, entre otras, lo cual es crucial para respaldar el flujo de tráfico y la seguridad en momentos críticos.(Bello, Patti, y Leonardi, 2023)
- **Ethernet Automotriz como Eje Central:** Ethernet Automotriz se está estableciendo como la elección preferida para la conectividad en vehículos debido a su alta inmunidad, reducción del cableado y tasas de datos de alta velocidad. Comparado con los sistemas tradicionales como CAN, LIN, y FlexRay, que operan a velocidades de bits por segundo o kilobits por segundo, Ethernet Automotriz puede ofrecer velocidades desde 100 Mbps hasta 10 Gbps, lo que representa una mejora significativa en la capacidad de transmisión de datos.(Technologies, 2021)
- **Seguridad Multinivel:** La seguridad en la red Ethernet Automotriz es crítica, especialmente para proteger contra ataques maliciosos. Se están desarrollando arquitecturas de seguridad multinivel que incluyen la restricción de acceso a la red, comunicación segura a bordo, políticas de uso de datos y mecanismos de detección y defensa contra ataques.(Ziehensack y Pallierer, 2024)
- **Aplicaciones y ventajas:** Desde sistemas avanzados de asistencia al conductor (ADAS) hasta conectividad V2X, Automotive Ethernet es esencial para habilitar estas funciones en los vehículos modernos. Su alta capacidad de transferencia de datos permite implementar funciones complejas y mejorar la experiencia de conducción.(Bello y cols., 2023)
- **Desafíos y limitaciones:** A pesar de sus beneficios, la implementación de Ethernet en los vehículos enfrenta desafíos, incluida la necesidad de arquitecturas de seguridad

sólidas para proteger contra ataques externos y administrar la creciente cantidad de datos generados por los vehículos. Los patrones de ataque en constante evolución y la larga vida útil de los vehículos requieren soluciones de seguridad que puedan adaptarse y evolucionar con el tiempo. (“Secure Automotive Ethernet for Automated Driving – Multi-level Security Architecture”, 2024)

5.3.2. Sistemas de comunicación CAN

El sistema de comunicación CAN Bus es un protocolo de red vehicular diseñado para permitir la comunicación entre diversos componentes electrónicos en vehículos sin necesidad de un host central. Facilita el intercambio de información entre los sistemas de control del vehículo, mejorando la eficiencia, seguridad y funcionalidad al permitir el control y diagnóstico en tiempo real de varias operaciones vehiculares. Este sistema utiliza un modelo de transmisión de mensajes que identifica y prioriza los datos, asegurando que los mensajes críticos para el funcionamiento del vehículo sean transmitidos y recibidos con mayor prioridad. La adopción del CAN Bus en la industria automotriz ha llevado a una mejora significativa en la gestión de la complejidad electrónica, optimizando el rendimiento y la fiabilidad del vehículo al reducir la cantidad de cableado necesario, lo que a su vez disminuye el peso y el costo de producción. (Molina Salvador y cols., 2015)

- **Protocolos y estándares:** El protocolo de comunicación CAN (Controller Area Network), esencial para la interacción entre microcontroladores en vehículos sin un host central. Iniciado por Bosch en 1983 y estandarizado bajo ISO 11898, destaca por su robustez, baja latencia y aptitud en ambientes ruidosos, reduciendo la complejidad y costo del cableado. Resalta su capacidad para transmitir a 1 Mbps, optimizando la comunicación vehicular. La flexibilidad de CAN Bus facilita aplicaciones críticas, evidenciando su importancia en la fiabilidad y eficiencia de los sistemas electrónicos modernos. (Miguel Paraíso, 2015)
- **Seguridad Multinivel:** La seguridad multinivel en los protocolos de comunicación CAN (Controller Area Network) es crucial para garantizar la comunicación segura y eficiente entre los componentes electrónicos de un vehículo. Los protocolos de comunicación automotriz, como el CAN, se clasifican en tres tipos principales: Protocolos de Control de Red (CAN), Protocolos de Señalización (LIN), y Protocolos de Seguridad (DoIP). El

CAN es el más utilizado para conectar componentes de control del vehículo, como el motor y sistemas de seguridad, permitiendo una comunicación rápida y eficiente entre sistemas.(IIAMMX, 2024)

- **Aplicaciones y ventajas:** Las aplicaciones y ventajas del Protocolo de Comunicación Serial BUS CAN se destaca su uso en sistemas de gestión del motor, sistemas de frenos antibloqueo (ABS), airbags, control de estabilidad y otros sistemas electrónicos vehiculares. Las ventajas incluyen la reducción significativa del cableado necesario, lo que lleva a una disminución en peso y costos de producción. También mejora la fiabilidad del sistema, facilita la detección y diagnóstico de fallas, y permite la integración de nuevas funcionalidades y sistemas electrónicos sin la necesidad de rediseñar el sistema de cableado completo.(Buitrago Barrera, 2017)

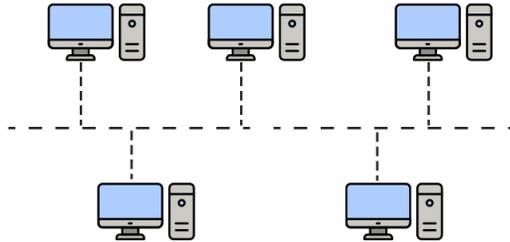
5.4. Tipos de topologías que existen

La importancia de las topologías de red en el contexto de las microrredes eléctricas, destacando cómo la elección adecuada de la topología puede influir significativamente en la eficiencia y fiabilidad de la comunicación dentro de estos sistemas. Las topologías de red se definen como la configuración física en la que los dispositivos de una red se interconectan entre sí, afectando directamente al tráfico y enrutamiento de los datos dentro de la red. Se mencionan varias topologías clave: bus, anillo, estrella, estrella extendida, árbol, y malla, cada una con características distintas que las hacen más adecuadas para diferentes escenarios y requisitos de aplicación.(Mejía y cols., 2021)

- **Topología bus:** La topología bus, se caracteriza por conectar todos los nodos a una misma barra o bus a través de un transceptor, que controla la comunicación en la red. Toda la información transmitida se envía y se recibe a través de este bus común, y los nodos individualmente deciden si aceptan o rechazan los datos recibidos, dependiendo de si les concierne o no. Este enfoque simplifica la arquitectura de la red, pero también implica que toda la comunicación debe pasar por un único medio compartido, lo que puede limitar el rendimiento y la escalabilidad de la red ante un alto volumen de tráfico o en el caso de fallos en el bus.(Cerutti, Behredin, Andriolli, Ladouceur, y Castoldi, 2016)

Figura 10

Topología bus.

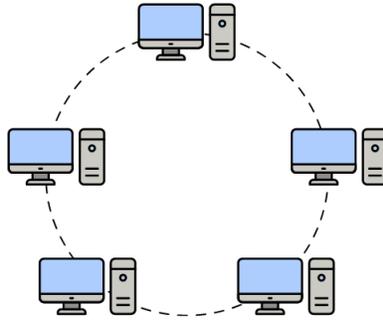


Nota: Topología bus ilustrada para la interconexión de dispositivos en una red de vehículos autónomos. (*Topología de red en bus*, 2024)

- **topología anillo:** La topología anillo, es una configuración de red donde cada nodo se conecta exactamente a otros dos nodos, formando un circuito cerrado o anillo. Esta estructura permite que los datos se transmitan en una dirección (ya sea en el sentido de las agujas del reloj o en sentido contrario), de nodo a nodo alrededor del anillo. La característica clave de esta topología es su simplicidad para detectar y aislar fallos, ya que la comunicación puede dirigirse en la dirección opuesta si se encuentra un problema en el camino usual, aunque esto puede llevar a un aumento en el tiempo de transmisión. (Yu, Ku, y Lin, 2018)

Figura 11

topología anillo.

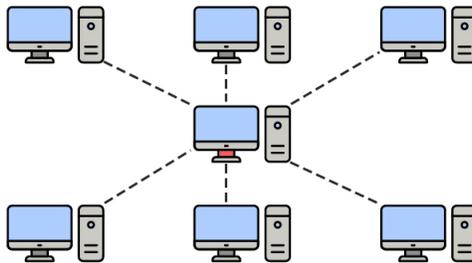


Nota: Representación de una topología de red en anillo, mostrando su estructura y flujo de datos entre nodos conectados en un circuito cerrado. (*Topología de red en anillo*, 2024)

- **Topología estrella:** La topología estrella, es una configuración de red en la que todos los nodos están conectados a un nodo central. Este nodo central actúa como un punto de transmisión, recibiendo y enviando mensajes a todos los demás nodos en la red. Esta configuración es particularmente útil para la gestión y control de la comunicación en redes complejas, facilitando la sincronización y la eficiencia en el intercambio de información, especialmente en aplicaciones que requieren alta seguridad y coordinación precisa entre los nodos. (Mancilla y Cahuich, 2018)

Figura 12

Topología estrella.

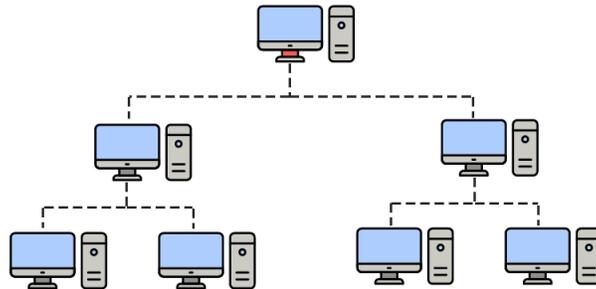


Nota: Topología estrella presentada para la conexión de dispositivos en una red, destacando el nodo central para la transmisión y recepción de datos. (*Topología de red en estrella*, 2024)

- **Topología árbol:** La topología de árbol es una estructura de red en la que cada nodo está conectado a un nodo "padre", formando una jerarquía que se asemeja a un árbol invertido. Esta estructura facilita la recolección de datos y el enrutamiento en redes inalámbricas de sensores, ya que permite una comunicación eficiente de muchos nodos (hojas) hacia un nodo central o raíz. La topología de árbol es ventajosa por su simplicidad en la gestión del enrutamiento y su capacidad para adaptarse a cambios dinámicos en la red, aunque presenta desafíos en términos de resiliencia y eficiencia energética. (Vásquez Monroy y cols., 2018)

Figura 13

Topología árbol.

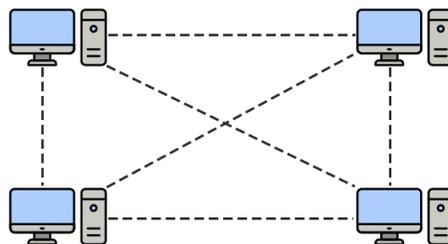


Nota: Ilustración de una topología de árbol para redes, mostrando la jerarquía de nodos y su relación con la comunicación eficiente. (*Topología de red en árbol*, 2024)

- **Topología malla:** La topología de red en malla, es una configuración donde cada nodo se conecta directamente a cada otro nodo en la red. Esta estructura permite múltiples caminos entre cualquier par de nodos, lo que mejora la redundancia y la fiabilidad de la red. Si un enlace falla, el sistema puede reconfigurarse automáticamente para mantener la comunicación entre todos los nodos. Esta topología es ideal para aplicaciones que requieren alta disponibilidad y robustez en la red. (Londoño Roldán, 2018)

Figura 14

Topología malla.



Nota: Topología de red en malla, donde cada nodo está conectado directamente a otro, proporcionando múltiples caminos y redundancia. (*Topología de red en malla*, 2024)

5.5. Software libre para control de dispositivos inteligentes

5.5.1. Ubuntu

Ubuntu es un sistema operativo de código abierto muy utilizado para diversas aplicaciones, incluidas las soluciones de robótica como ROS (Robot Operating System). ROS 2 Humble Hawksbill es una versión reciente del sistema ROS 2, que está optimizada para funcionar con Ubuntu 22.04 Jammy Jellyfish. Esta versión de ROS 2 se caracteriza por ofrecer nuevas funcionalidades, incluyendo una interfaz gráfica mejorada con herramientas de introspección más avanzadas, control flexible de la cámara, y la posibilidad de integrar datos de mapas satelitales en simulaciones 3D. Además, ofrece soporte para nuevas APIs de Python, lo que facilita la programación y el scripting en proyectos de robótica.(Open Robotics, 2022)

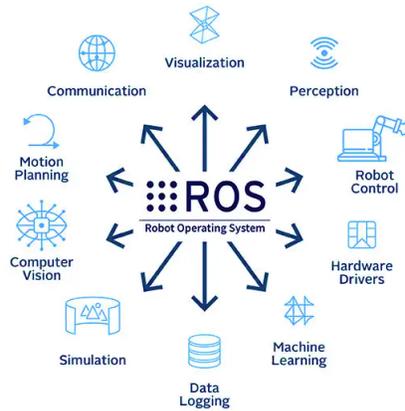
ROS 2 Humble Hawksbill también ha introducido mejoras significativas en la seguridad, como el soporte para Listas de Revocación de Certificados (CRL), que añaden una capa adicional de seguridad al invalidar certificados comprometidos antes de su fecha de expiración. Esta característica es particularmente importante en aplicaciones de robótica donde la seguridad y la confiabilidad son críticas.(Canonical, 2023)

5.5.2. Sistema Operativo Robótico (ROS)

ROS (Robot Operating System) es un marco de trabajo y conjunto de herramientas para desarrollar software de robótica. Proporciona funcionalidades esenciales como abstracción de hardware, control de dispositivos, y comunicación entre procesos. Es altamente modular, permitiendo a los desarrolladores construir complejas funcionalidades en nodos interconectados. Incluye herramientas de visualización y simulación como RViz y Gazebo, facilitando la prueba y el desarrollo de aplicaciones robóticas. ROS destaca por su flexibilidad y capacidad para manejar diversas tareas en robótica, desde la navegación hasta la manipulación.(Miguélez Machado, Benítez González, Rivera Rivera, y Moreno Vega, 2020)

Figura 15

Características del sistema operativo robótico (ROS)



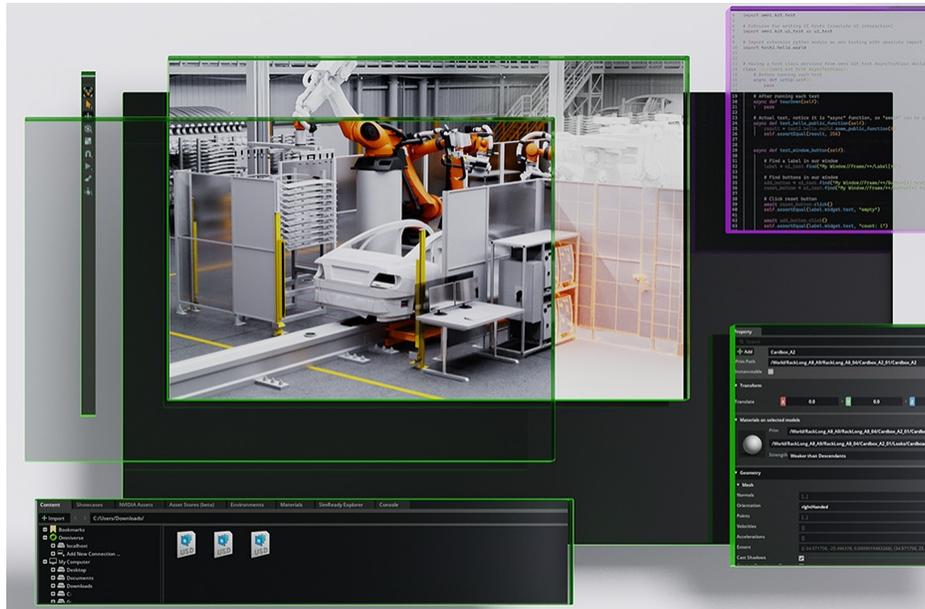
Nota: Descripción de las características del sistema operativo robótico ROS y su relevancia en el desarrollo de aplicaciones robóticas. (*Automationware - Soluciones de Automatización, 2023*)

5.5.3. Omniverso de NVIDIA

NVIDIA Omniverse podría ser una herramienta transformadora en el desarrollo de vehículos autónomos, permitiendo simulaciones y visualizaciones avanzadas que son esenciales para diseñar, probar y validar la seguridad y eficiencia de estos vehículos. A través de la colaboración en tiempo real y la interoperabilidad entre diferentes softwares, Omniverse facilita la creación de entornos virtuales detallados donde se pueden simular dinámicas complejas de tráfico y escenarios de conducción. Esto no solo acelera el proceso de desarrollo, sino que también mejora la precisión de las simulaciones, asegurando que los vehículos autónomos estén mejor preparados para el mundo real. Este enfoque innovador podría significar avances significativos en la forma en que los vehículos autónomos se diseñan y se prueban. (*NVIDIA Omniverse Adopted by Global Automotive-Configurator Developer Ecosystem, 2024*)

Figura 16

Entorno Omniverse NVIDIA



Nota: Entorno virtual de Omniverse NVIDIA, resaltando su importancia para la simulación y visualización en el desarrollo de vehículos autónomos. (*NVIDIA Omniverse Foundation Apps*, 2024)

6. Marco metodológico

6.1. Establecer los parámetros iniciales para el diseño de interconexión de dispositivos inteligentes con el sistema ROS para el vehículo autónomo ANTA.

Para el establecimiento de los parámetros iniciales en el desarrollo del vehículo autónomo ANTA, es imprescindible considerar una variedad de dispositivos esenciales. La identificación precisa de estos dispositivos, junto con sus características de comunicación, velocidades de transmisión, requerimientos mecánicos y consumo de energía, se convierte en la piedra angular del proceso de diseño. Para abordar este desafío, se hace necesario un análisis meticuloso de las especificaciones técnicas proporcionadas por los fabricantes a través de las hojas de datos de cada componente.

En el marco teórico del proyecto, se realiza una exploración detallada de cada uno de los dispositivos implicados. Esta exploración incluye, la computadora industrial de alta capacidad, cámaras monoculares para la percepción visual, interruptores de red para la comunicación entre dispositivos, sistemas GNSS para la localización geoespacial y sensores LIDAR para la detección de objetos y la navegación autónoma. La elección de estos dispositivos se fundamenta en su capacidad para integrarse de manera eficiente, permitiendo así una comunicación fluida y efectiva que cumple con los estándares de velocidad y seguridad requeridos para la operación autónoma del vehículo.

Estas tablas son cruciales para la selección y configuración precisa de los dispositivos clave, y cada una cumple una función específica dentro del marco del diseño.

La **Tabla 2** se centra en la computadora industrial Nuvo-8111, un núcleo de procesamiento vital para el ANTA. Detalla las interfaces de comunicación, como Ethernet, CAN y USB, y subraya la importancia de la velocidad de datos y la robustez mecánica, asegurando que la computadora pueda resistir las condiciones operativas del vehículo.

En la **Tabla 3**, las cámaras monoculares se describen, resaltando su conexión USB y la velocidad de transmisión de imágenes en fotogramas por segundo. Esta tabla es fundamental para entender cómo se integran estas cámaras en el sistema de percepción visual del vehículo y su impacto en la navegación y la toma de decisiones en tiempo real.

La **Tabla 4** expone las especificaciones del switch de red CISCO SG95D-08, ilustrando cómo este dispositivo se convierte en un punto central para la comunicación, ofreciendo una conexión Ethernet robusta y fiable para todos los dispositivos del vehículo.

Las **Tabla 5** **Tabla 6** detallan los sensores LIDAR y los sistemas GNSS, respectivamente, ambos conectados a través de Ethernet. Estas tablas enfatizan la necesidad de una transmisión de datos de alta velocidad para la localización precisa y la detección de objetos, elementos cruciales para la autonomía y la seguridad del vehículo.

Estas tablas no solo clarifican las especificaciones técnicas, sino que también actúan como una herramienta comparativa entre los distintos componentes, apoyando así la toma de decisiones informadas durante el proceso de diseño y desarrollo. La inclusión de estas tablas en el documento refleja un enfoque metódico y detallado, proporcionando una base sólida para el montaje y la interoperabilidad efectiva dentro del ecosistema del vehículo autónomo ANTA.

Tabla 2*Computadora industrial (Nuvo-8111)*

ASPECTOS	DETALLES
Tipo de comunicación	ETHERNET - CAM - USB - SATA
Velocidad de comunicación	10/100/1000 Mbps
Requerimientos mecánicos	330x174x174 mm a temperatura -25°C hasta 60°C
Consumo de voltaje y corriente	24V/11.67A

Nota: *La computadora industrial Nuvo-8111 se presenta como el corazón del procesamiento para ANTA, con capacidades de conexión Ethernet, CAN y USB, requerimientos mecánicos para ambientes extremos y un consumo eficiente de energía, esencial para la operación autónoma del vehículo.*

Tabla 3*Cámara monocular (BFS-PGE-1652)*

ASPECTOS	DETALLES
Tipo de comunicación	USB
Velocidad de comunicación	30 FPS
Requerimientos mecánicos	30x30x22 mm a temperatura -40°C hasta 85°C
Consumo de voltaje y corriente	5V/250mA

Nota: *Las cámaras moniculares BFS-PGE-1652 se destacan por su alta velocidad de transmisión de datos y su rango de operación en temperaturas extremas, lo que garantiza una percepción visual fiable para la navegación autónoma de ANTA.*

Tabla 4*CISCO SG95D-08*

ASPECTOS	DETALLES
Tipo de comunicación	ETHERNET
Velocidad de comunicación	16000 Mbps
Requerimientos mecánicos	160x90x30 mm
Consumo de voltaje y corriente	12V/1A

Nota: *El switch de red CISCO SG95D-08 se describe como el núcleo de la comunicación dentro de ANTA, proporcionando una conectividad Ethernet de alta velocidad y una configuración que satisface las demandas de un entorno operativo exigente.*

Tabla 5*RS-HELIOS-16P-LIDAR*

ASPECTOS	DETALLES
Tipo de comunicación	ETHERNET
Velocidad de comunicación	1000 Mbps
Requerimientos mecánicos	90 hasta 150m de rango de alcance
Consumo de voltaje y corriente	12V

Nota: *Los sensores LIDAR RS-HELIOS-16P-LIDAR, vitales para la detección de objetos y la navegación, operan con una alta velocidad de transmisión de datos sobre Ethernet y un alcance que maximiza la cobertura del entorno.*

Tabla 6*GNSS CHCNAV - CGI-610*

ASPECTOS	DETALLES
Tipo de comunicación	ETHERNET
Velocidad de comunicación	1000 Mbps
Requerimientos mecánicos	-40°C hasta 75°C
Consumo de voltaje y corriente	9 a 36V/0.5A

Nota: *El sistema GNSS CHCNAV - CGI-610 se enfoca en la localización geoespacial con alta precisión y velocidad de datos sobre Ethernet, asegurando la localización precisa de ANTA en su entorno.*

6.2. Proponer el diseño de la interconexión de dispositivos inteligentes con el sistema ROS para el vehículo autónomo ANTA.

En el diseño de interconexión para dispositivos inteligentes dentro del proyecto, se optará por implementar la topología de estrella. Esta elección estratégica asegura que todos los nodos se conecten directamente a un nodo central, lo cual es crucial para la eficiente transmisión, recepción y envío de datos entre todos los nodos vinculados.

Para lograr una comunicación efectiva y robusta, se integrarán dos tipos de conexiones previamente delineadas: Ethernet y CAN.

La distribución adoptada facilita la identificación precisa de los dispositivos interconectados, catalogados por sus direcciones IP, nombre del dispositivo y configuración espacial específica. En la siguiente tabla 7 se encontrará una descripción detallada de cada dispositivo y sus especificaciones de conexión. Este formato estructurado permite una visualización clara y directa de las características esenciales del dispositivo, mejorando la comprensión de la infraestructura y la interacción entre sus componentes.

Tabla 7*Distribución y características de conexión de los dispositivos*

Dispositivo	IP	Tipo de comunicación	Velocidad de información
Computadora industrial (NUVO-8111)	192.168.1.102	Ethernet 1 Gbps - USB 3.0 - CAN 500 Kbps	Diferentes tipos de frecuencia
LIDAR 1	192.168.1.200	Ethernet 1 Gbps	Frecuencia 15Hz
LIDAR 2	192.168.1.201	Ethernet 1 Gbps	Frecuencia 15Hz
LIDAR 3	192.168.1.202	Ethernet 1 Gbps	Frecuencia 15Hz
LIDAR 4	192.168.1.203	Ethernet 1 Gbps	Frecuencia 15Hz
GNSS CHCNAV	192.168.1.110	Ethernet 1 Gbps	Frecuencia de posicionamiento 50Hz, Frecuencia sistema de medida inercial(IMU) 100Hz
CAMARA 1	–	USB 3.0	30 FPS
CAMARA 2	–	USB 3.0	30 FPS
Hooke 2.0 chassis	–	CAN 500 Kbps	Frecuencia 100Hz
Sistema de blindeo	–	CAN 500 Kbps	Frecuencia 5Hz
Ultrasonido	–	CAN 500 Kbps	Frecuencia 15Hz
Switch no administrable	–	Ethernet 1 Gbps	–

Nota: Esta tabla detalla las características técnicas de conexión y comunicación de los dispositivos utilizados en la red, proporcionando información clave como la dirección IP, el tipo de comunicación y la velocidad de transferencia de información.

6.3. Analizar posibles restricciones del sistema ROS para el movimiento del vehículo autónomo ANTA.

Con el fin de discernir posibles limitaciones inherentes al sistema ROS implementado en el vehículo autónomo ANTA, se efectuó un análisis mediante el uso de Omniverse de NVIDIA.

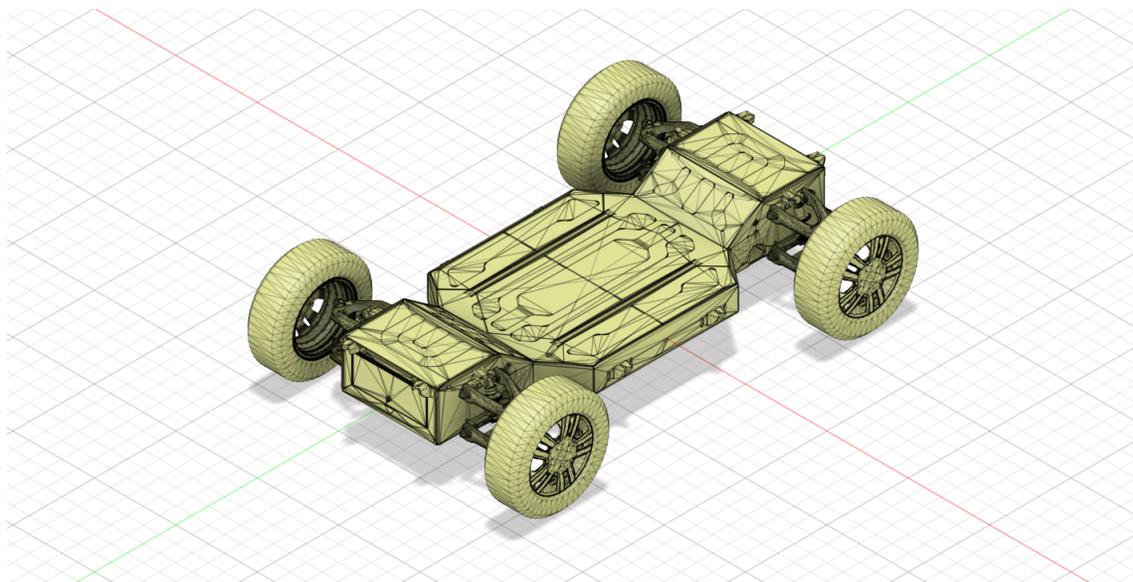
Esta herramienta permitió la ejecución de simulaciones, lo cual ayudó a destacar las posibles restricciones que el sistema podría encontrar al operar con ROS Humbler.

Para ello, se procedió con la instalación de Omniverse de NVIDIA y de Isaac SDK para llevar a cabo los análisis necesarios. Se consiguió el diseño en 3D del vehículo autónomo ANTA, que se requería para su incorporación en el programa de Omniverse.

Una vez instalado Isaac SDK, se efectuaron las configuraciones apropiadas para introducir un vehículo con todos sus componentes en el software. Este paso previo fue crucial para poder modificar posteriormente el modelo con el diseño en 3D previamente adquirido del vehículo ANTA. La siguiente figura 17 adjunta exhibe el diseño 3D del vehículo autónomo ANTA.

Figura 17

Modelo 3D del vehículo autónomo ANTA

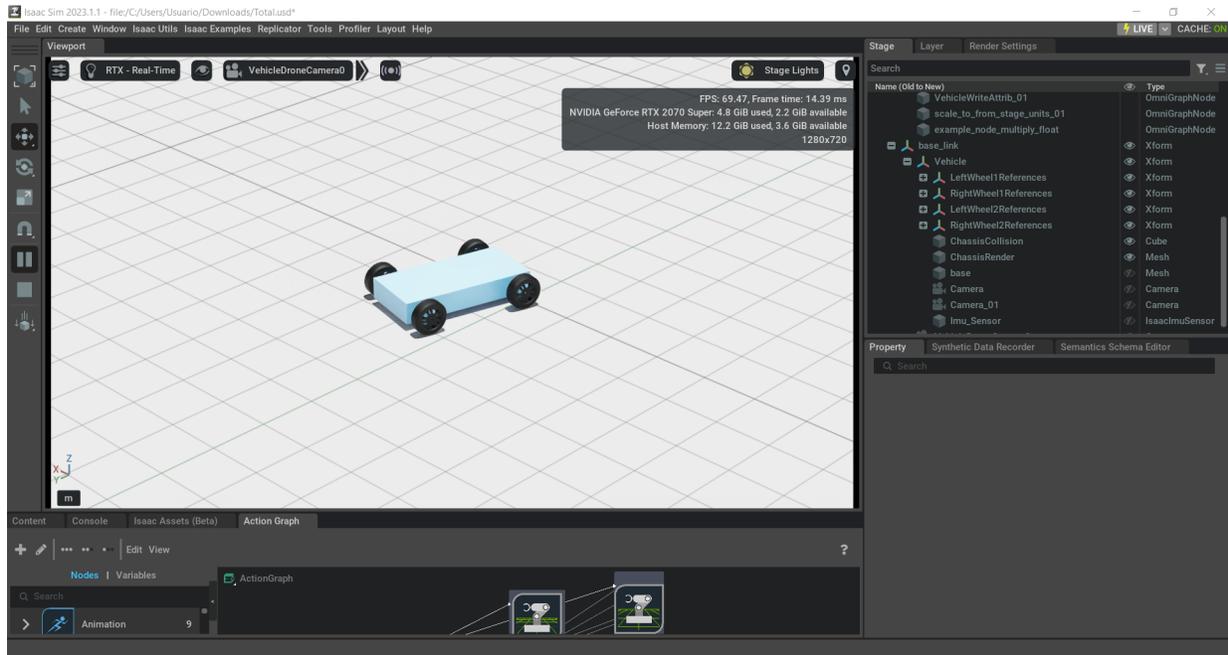


Nota: Modelo en 3D provisto por PIX Moving, demostrando la estructura inicial antes de personalización para simulaciones en Omniverse.

La imagen 18 que se muestra a continuación permite observar el modelo del vehículo proporcionado por Isaac SDK en su configuración estándar.

Figura 18

Entornar virtual de Omniverse con su diseño vehicular

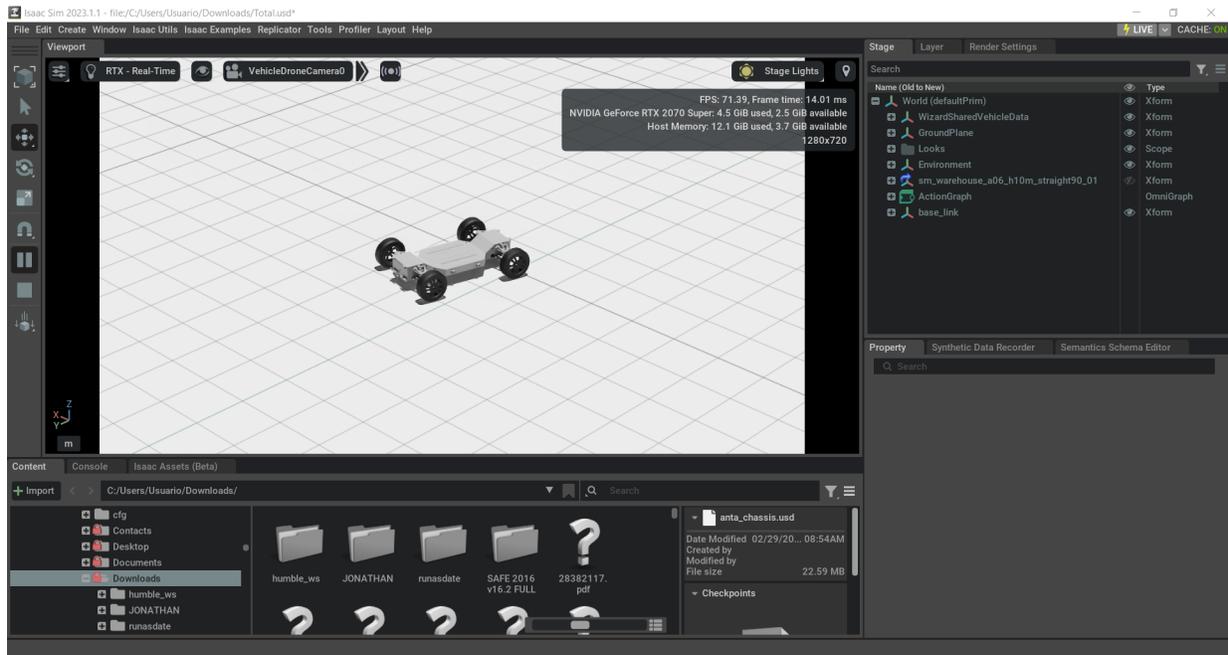


Nota: Vista estándar del vehículo autónomo ANTA en la interfaz de Omniverse, antes de realizar modificaciones específicas al modelo.

Tras haber obtenido el modelo del vehículo, se procedió a realizar modificaciones sobre el modelo 3D del ANTA. Los ajustes efectuados permitieron adaptar el diseño al propósito específico del análisis. Estos cambios son visibles en la figura 19, la cual muestra el modelo del ANTA tras la personalización.

Figura 19

Interfaz de Desarrollo en Omniverse para la Configuración de un Prototipo de Vehículo Autónomo

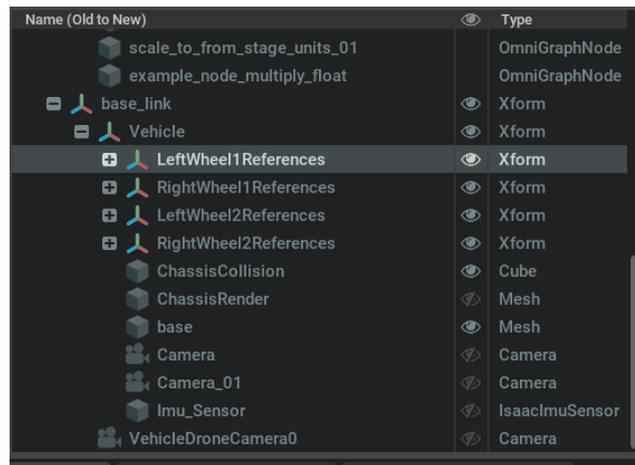


Nota: Configuración y personalización del modelo 3D del vehículo ANTA en la plataforma de desarrollo Omniverse, preparación para simulación.

Se iniciaron las configuraciones pertinentes del vehículo, cuyos detalles pueden ser revisados en el panel derecho del software. La figura 20 subsiguiente ilustra las configuraciones mencionadas, permitiendo una visualización clara de los ajustes aplicados.

Figura 20

Estructura de Componentes y Sensores en la Configuración de un Vehículo Autónomo en Omniverse



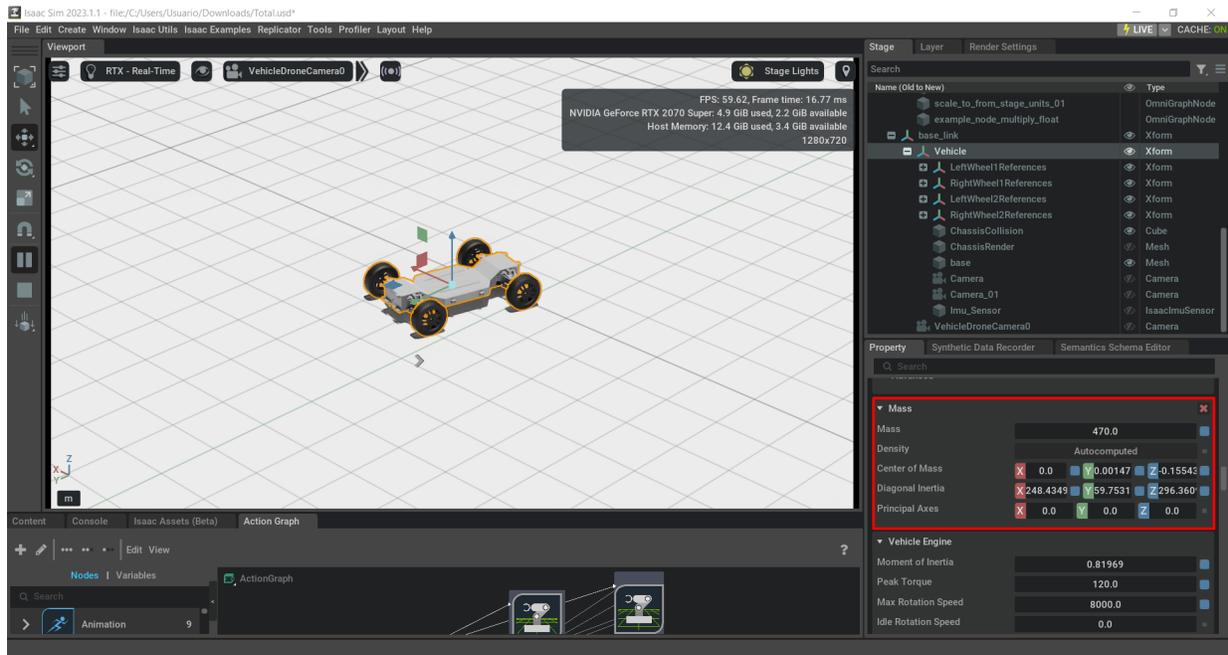
Name (Old to New)	Type
scale_to_from_stage_units_01	OmniGraphNode
example_node_multiply_float	OmniGraphNode
base_link	Xform
Vehicle	Xform
LeftWheel1References	Xform
RightWheel1References	Xform
LeftWheel2References	Xform
RightWheel2References	Xform
ChassisCollision	Cube
ChassisRender	Mesh
base	Mesh
Camera	Camera
Camera_01	Camera
Imu_Sensor	IsaacImuSensor
VehicleDroneCamera0	Camera

Nota: Detalle de la estructura de componentes y sensores integrados en el modelo de vehículo ANTA dentro del entorno de Omniverse.

Dentro de esta ventana, se tiene acceso a los distintos componentes del vehículo, lo que posibilita la realización de las configuraciones necesarias. En este caso específico, se podrá visualizar en la figura 21 la introducción de datos vitales, como es la masa del vehículo.

Figura 21

Visualización y Configuración de Parámetros Físicos en un Modelo de Vehículo Autónomo dentro de Omniverse

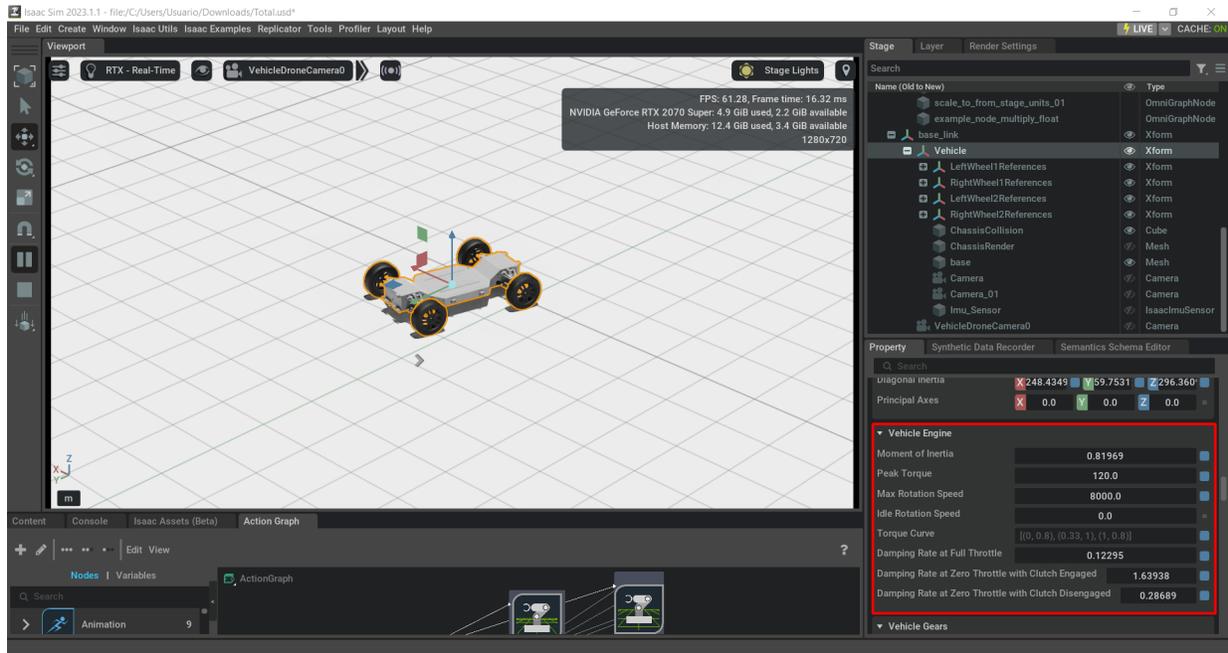


Nota: Proceso de introducción y ajuste de parámetros físicos como la masa del vehículo en el software de simulación Omniverse.

En la figura 22, se observa que es posible introducir parámetros críticos como los momentos de inercia y el torque, que son esenciales para la generación de la rotación del vehículo. Estos datos son fundamentales para llevar a cabo un análisis detallado de este tipo.

Figura 22

Ajuste de Parámetros de Motor en la Simulación de Omniverse para un Vehículo Autónomo

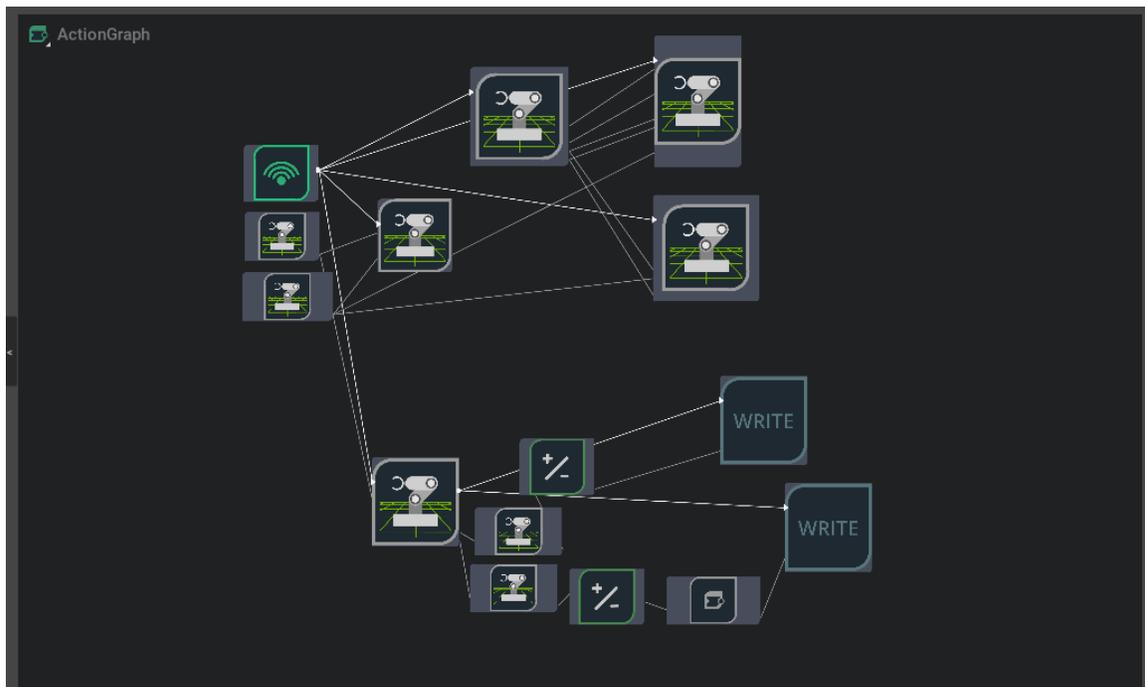


Nota: Calibración de los parámetros del motor, como momentos de inercia y torque, esenciales para el análisis dinámico en Omniverse.

Después de haber ingresado toda la información requerida, se establece la comunicación con ROS2 para enviar comandos de movimiento desde la terminal. Este paso es crucial para asegurar que la transmisión de información se efectúe a la velocidad adecuada. La figura 23 que sigue muestra el diagrama de bloques que representa la comunicación en curso entre ROS2 y el Omniverse de NVIDIA.

Figura 23

Diagrama de bloques de Acción en Omniverse: Integración de Comandos y Comunicaciones para Vehículo Autónomo

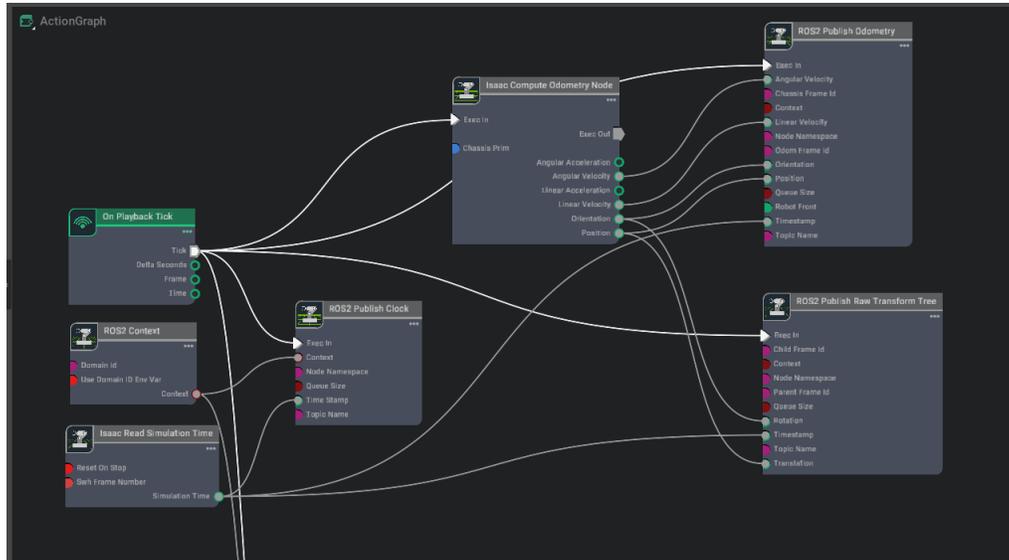


Nota: Representación del diagrama de bloques en Omniverse mostrando la integración de comandos y la comunicación entre ROS2 y el simulador.

En la figura 24 extiende el diagrama de bloques del sistema de comunicación con ROS2. En esta sección, se observa el nodo 'Publish Clock', que es responsable de sincronizar el tiempo de simulación con ROS2, asegurando que los datos enviados y recibidos estén alineados temporalmente. Además, se incluye el nodo 'Compute Odometry' de Isaac SDK, que calcula la odometría del vehículo basándose en su aceleración y velocidad angular. La información de odometría se publica luego para que otros nodos o sistemas conectados a ROS2 puedan utilizarla. Finalmente, el 'Publish Raw Transform Tree' expone la jerarquía de transformaciones de los componentes del vehículo, lo que es esencial para entender la posición y orientación del vehículo en cualquier momento dado.

Figura 24

sistema de comunicación y publicación con ROS2

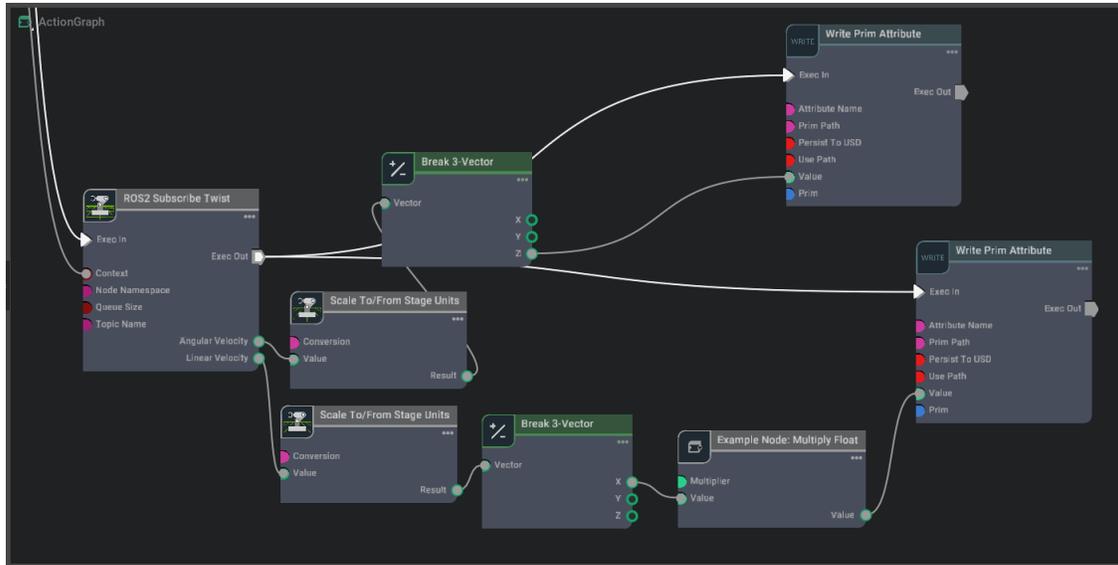


Nota: Representación del sistema de comunicación y publicación implementado con ROS2, esencial para la gestión de datos entre dispositivos inteligentes en ANTA.

En la figura 25 muestra una sección de un diagrama de bloques, el cual detalla el proceso de suscripción a los comandos de control de movimiento a través de ROS2, utilizando la funcionalidad 'Subscribe Twist'. Aquí, las unidades de escala del escenario se ajustan y se descompone un vector tridimensional, lo que indica una transformación de los datos de entrada para adecuarse a las especificaciones del modelo de simulación. Los resultados de estas operaciones se registran como atributos primarios en la base de datos de Omniverse, lo que permite una persistencia de los cambios realizados durante la simulación.

Figura 25

Diagrama de bloques de integración de control con ROS2



Nota: Esquema detallado que muestra cómo se integran los controles y la comunicación del vehículo autónomo ANTA a través de ROS2.

6.4. Proponer el diseño de un sistema de blindaje mecánico para salvaguardar los componentes informáticos del vehículo autónomo ANTA.

Para elaborar un diseño integral del dispositivo de blindaje para la computadora industrial NUVO-8111, se considerarán factores adicionales que garanticen su eficacia y durabilidad. Se analizarán las normativas internacionales que abordan la protección contra ingreso de partículas y líquidos, como la certificación IP (Ingress Protection), para asegurar que el blindaje cumpla con los estándares requeridos para la protección contra polvo y agua.

Se realizará una evaluación detallada de los materiales disponibles en el mercado local, explorando también alternativas como el aluminio, plásticos de ingeniería o incluso compuestos avanzados que puedan ofrecer una resistencia superior o una reducción en el peso total del sistema. Se considerará la posibilidad de incluir sellados de goma o silicona para las uniones y aberturas, aumentando así la hermeticidad de la estructura.

En la Tabla 8 realizamos una toma de decisiones en los materiales que vamos a utilizar con el objetivo de obtener el material que pueda cumplir con las mejores condiciones del diseño a

realizar.

Tabla 8

Matriz de Decisión de Materiales

Material	Oxidación	Resistencia	Tenacidad	Costo	Durabilidad	Puntuación
Acero Negro	2	3	3	5	3	16
Acero Galvanizado	5	4	4	3	5	21
Aluminio	4	2	5	2	3	16
Acero Inoxidable	5	5	5	1	5	21

Nota: La matriz proporciona una evaluación comparativa de diferentes materiales en función de su susceptibilidad a la oxidación, resistencia, tenacidad, costo, durabilidad y una puntuación total para facilitar la toma de decisiones materiales.

El diseño también tomará en cuenta el flujo de aire necesario para la disipación de calor, incluyendo posibles sistemas de ventilación que protejan contra la entrada de agua y polvo pero que permitan el intercambio térmico. Para ello, se estudiarán diseños de rejillas y filtros que puedan incorporarse sin comprometer la protección.

La Tabla 9 presentada es una matriz de decisión para la elección del motor de ventilación. En ella, se comparan diferentes opciones de motores en función de tres criterios: flujo de aire, consumo energético y corriente. Cada opción de motor ha sido evaluada y asignada con un valor numérico para cada criterio, basado en su desempeño. Los criterios son ponderados para reflejar su importancia relativa en la decisión final, lo cual se muestra en la columna "Puntuación".

Tabla 9

Matriz de Decisión para la Elección del Motor de Ventilación

Motor	Flujo de Aire	Consumo energético	Corriente	Puntuación
Ventilación natural	1	0	0	1
Motor de computadora	2	2.5	1	5.5
Motor de dron	5	5	5	15
Motor blower	3.5	2.5	2	8

Nota: Esta matriz compara distintos tipos de motores de ventilación en función de su flujo de aire, consumo energético, corriente y una puntuación general para ayudar en la decisión de selección.

Finalmente, se proyectará la fabricación y montaje del blindaje de manera que se adapte perfectamente al chasis Hooke 2.0, asegurando que no interfiera con otras funciones del vehículo y que el acceso a la computadora para mantenimiento no se vea obstaculizado. Se realizarán prototipos virtuales, para pruebas preliminares antes de la fabricación final. Este proceso de diseño iterativo garantizará que el blindaje no solo sea funcional sino también estético y alineado con la imagen del vehículo ANTA.

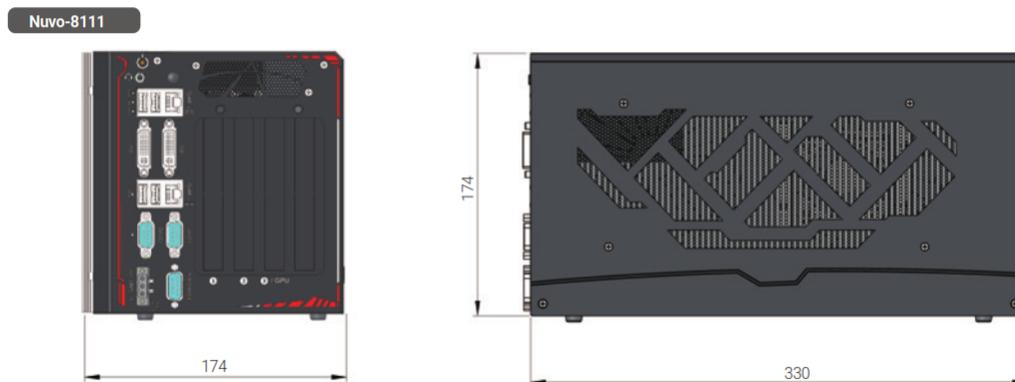
El diseño apropiado de cualquier componente es fundamental para asegurar la integración y funcionalidad dentro del contexto de un sistema mayor, como es el caso del vehículo autónomo ANTA. Es esencial tener en cuenta las medidas precisas del vehículo para garantizar que cualquier adición o modificación, como el sistema de blindaje para la computadora industrial NUVO-8111, se adapte sin problemas y mantenga la estética y funcionalidad del diseño general.

En este sentido, se debe hacer referencia a las especificaciones técnicas proporcionadas por el fabricante de la computadora. Estas especificaciones, que incluyen dimensiones exactas y puntos de montaje, son fundamentales para el proceso de diseño y están disponibles en el datasheet de la computadora. En la figura 26 podemos visualizar las especificaciones técnico ilustra las medidas detalladas de la computadora industrial NUVO-8111, proporcionando una guía visual clara para su incorporación en el diseño del blindaje y la posterior integración en el chasis del vehículo.

Figura 26

Computadora NUVO-8111

Unit : mm



Nota: Medidas de la computadora NUVO-8111 (Technology, 2020)

El diseño del sistema de blindaje para la computadora industrial NUVO-8111 priorizará el uso de acero galvanizado en forma de tubo cuadrado de 3/4 de pulgada con un espesor de 1.5 mm. Se ha seleccionado este material específicamente por sus destacadas propiedades, tales como la resistencia a la oxidación y su durabilidad en condiciones adversas, lo que es ideal para proteger contra los elementos como el polvo y el agua. Además, el acero galvanizado representa una opción más económica en comparación con otros materiales disponibles en el mercado de Cuenca, ofreciendo un balance óptimo entre costo, eficiencia y resistencia, lo que justifica su elección para este componente crítico del vehículo. Este enfoque no solo asegura una protección efectiva sino que también gestiona de manera prudente los recursos del proyecto.

En la tabla 10 se puede visualizar las normas de fabricación del tubo cuadrado.

Tabla 10

Norma de fabricación tubo cuadrado galvanizado (METALHIERRO MANTA-ECUADOR, 2024)

Largo Normal	6 metros
Recubrimiento	Negro o Galvanizado
Norma de Calidad	ASTM A366
Norma de Fabricación	INEN 2115
Espesores	Desde 1,1 a 6,00 mm
Observaciones	Otras dimensiones y espesores, previa consulta

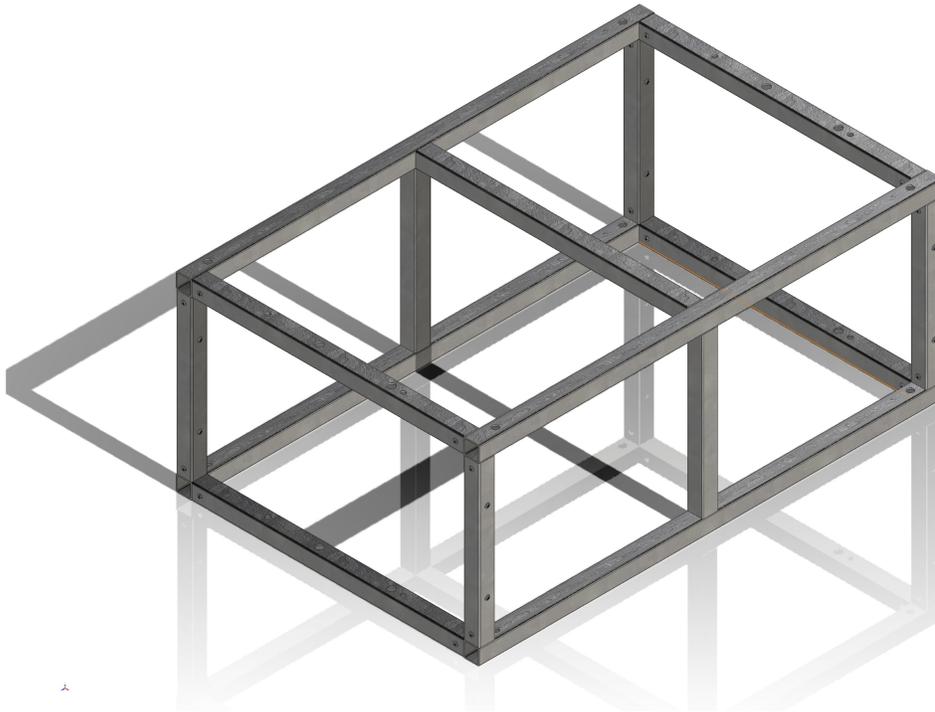
Nota: *La tabla presenta las especificaciones estándar para la fabricación de tubos cuadrados galvanizados, incluyendo dimensiones, recubrimiento, y normativas de calidad y fabricación.*

Una vez establecido el material seleccionado y las dimensiones exactas de la computadora industrial NUVO-8111, se avanza hacia la etapa de diseño del sistema de protección. Este sistema está meticulosamente concebido para resguardar la integridad física de la computadora frente a factores ambientales adversos. La estructura, que se construirá usando tubo cuadrado de acero galvanizado de 3/4 de pulgada y 1.5 mm de espesor, ha sido diseñada teniendo en cuenta no solo la protección sino también la estética y la funcionalidad dentro del ensamblaje general del vehículo.

La visualización de la estructura resultante se presenta en la ilustración adjunta, permitiendo una apreciación detallada de la forma y las dimensiones de la armazón protectora. Esta representación gráfica es crucial para comprender cómo la estructura se ensamblará alrededor de la computadora, proporcionando un refugio seguro sin comprometer la operatividad o el acceso a la misma para mantenimiento o actualizaciones futuras.

Figura 27

Estructura metálica de protección



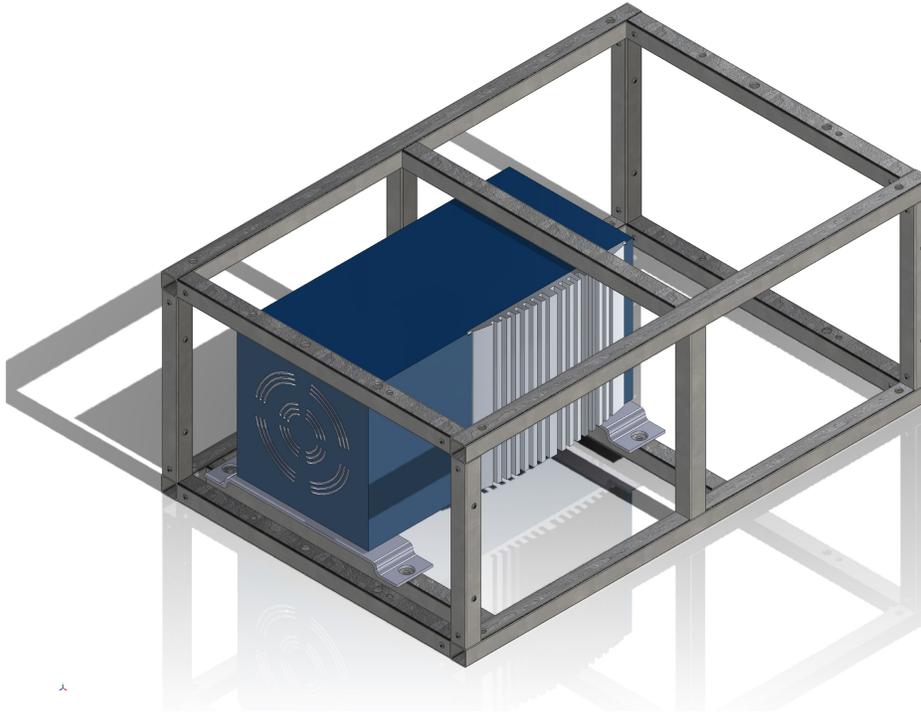
Nota: Diseño de la estructura metálica de protección destinada a resguardar los dispositivos electrónicos del vehículo ANTA.

Con el modelo tridimensional de la estructura de protección ya completado en SolidWorks, un software avanzado para el diseño asistido por computadora, se procede a la fase de ensamblaje virtual. Esta etapa permite combinar la estructura diseñada y la computadora industrial NUVO-8111 en un entorno simulado, proporcionando una perspectiva integral de cómo se integrarán en la realidad.

El uso de SolidWorks para este propósito es de gran ventaja, ya que permite una visualización precisa y detallada de todos los componentes, facilitando la identificación de posibles interferencias y la optimización del espacio. Además, el software permite simular la unión de componentes, lo que es esencial para anticipar y resolver problemas de montaje antes de la fabricación física.

Figura 28

Estructura metálica de protección y la computadora NUVO-8111



Nota: Configuración de la computadora industrial NUVO-8111 dentro de la estructura metálica de protección diseñada para el vehículo ANTA.

En el diseño 3D, un elemento crítico que se ha incorporado es el sistema de enfriamiento por aire para la computadora industrial NUVO-8111. Esta característica de diseño tiene como objetivo facilitar la disipación eficiente del calor generado por el disipador de calor de la computadora. La estructura está concebida de manera que promueve el flujo de aire adecuado a través de la unidad, lo cual es fundamental para mantener la computadora a una temperatura operativa óptima y evitar el sobrecalentamiento.

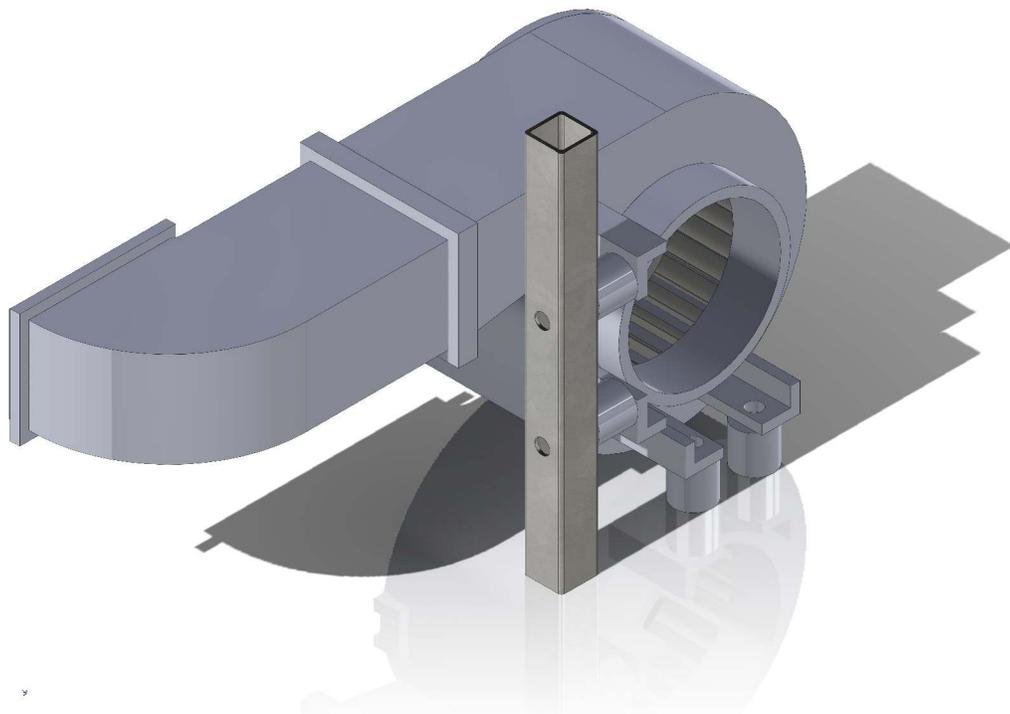
La implementación de este sistema de enfriamiento se visualiza en el modelo 3D, donde se han diseñado estratégicamente las entradas y salidas de aire. Esto no solo mejora la eficiencia térmica sino que también se integra armoniosamente con el diseño general de la estructura protectora. Aunque todavía no se ha realizado un análisis de flujo de aire detallado, la configuración presentada en el diseño asegura un principio fundamental de la ventilación:

permitir un ingreso constante y sin obstáculos de aire fresco, que atraviese los componentes críticos y evacue el aire caliente de manera efectiva.

Este acercamiento preliminar en el diseño 3D establece una base sólida para futuras evaluaciones y optimizaciones del flujo de aire, que se podrán realizar para validar y mejorar la eficacia del sistema de enfriamiento antes de proceder a la fabricación física de la estructura.

Figura 29

Ensamble del sistema de ventilación



Nota: Muestra el ensamblaje del sistema de ventilación, un componente crucial para mantener óptimas las condiciones térmicas de los dispositivos inteligentes en ANTA.

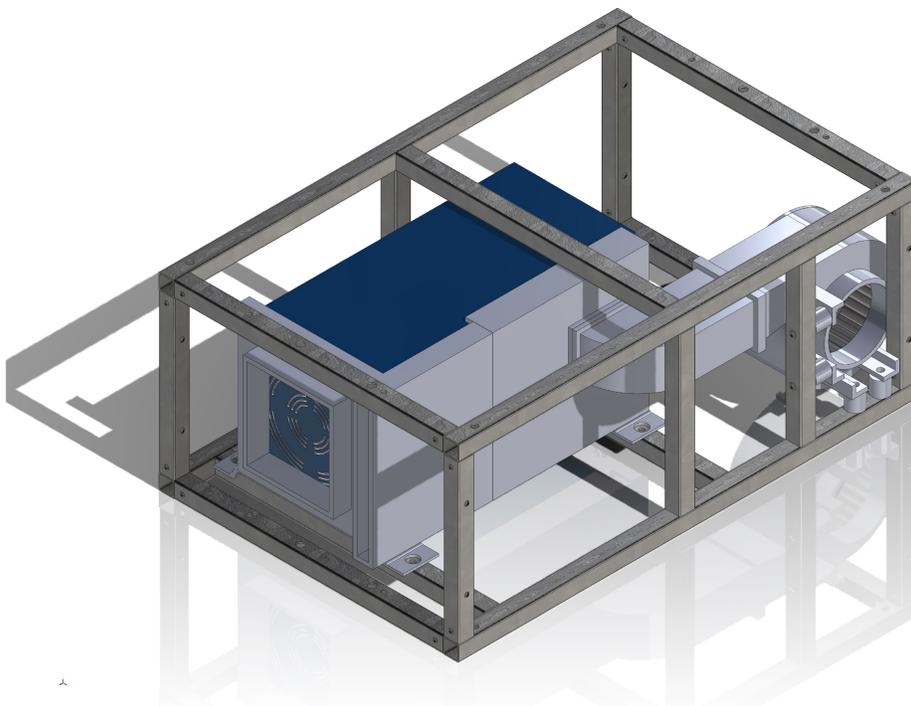
La funcionalidad del sistema de ventilación, concebido en el modelo 3D, depende críticamente de su capacidad para dirigir el flujo de aire de manera efectiva a través del disipador de calor de la computadora industrial. Para lograr esto, se ha diseñado una estructura de túnel junto con una cámara específicamente orientada a canalizar el aire directamente hacia

el disipador. Este diseño inteligente permite que el aire caliente generado por la computadora sea eficientemente redirigido y expulsado fuera de la estructura protectora.

Tomando como referencia las dimensiones precisas de la computadora, proporcionadas por su ficha técnica, el sistema de ventilación ha sido meticulosamente adaptado para acoplarse a la computadora. La implementación de este sistema en el diseño 3D facilita una visualización anticipada de cómo el aire impactará y fluirá a través del disipador de calor, asegurando que el mecanismo de enfriamiento sea tanto efectivo como eficiente.

Figura 30

Ensamble del sistema de ventilación con su sistema de direccionamiento



Nota: Visualización del sistema de ventilación junto con su sistema de protección, ilustrando la eficiencia en la gestión térmica del ANTA.

Para optimizar el sistema de enfriamiento del vehículo autónomo, se ha desarrollado un diseño avanzado que integra un motor de ventilación tipo blower. Este diseño se ha concebido

meticulosamente para cumplir con especificaciones precisas y estándares de rendimiento elevados. La estructura que aloja el blower, así como el sistema de canales y la cámara que dirige el flujo de aire hacia el disipador de calor, han sido diseñados para maximizar la eficiencia en la disipación del calor generado por la computadora.

El material seleccionado para la fabricación de estos componentes es el Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS), reconocido en la industria de la impresión 3D por sus excelentes propiedades. El ABS combina una resistencia térmica adecuada para soportar las temperaturas generadas en el sistema, con una robustez y durabilidad que lo hacen ideal para soportar cargas mecánicas. Estas características son fundamentales, dado que el sistema de enfriamiento debe ser capaz de operar de manera fiable en el entorno dinámico del vehículo autónomo.

Además, para la fabricación de los componentes mediante impresión 3D, se ha decidido utilizar un relleno del 100% en la impresión. Esta elección asegura que las piezas impresas ofrezcan la máxima resistencia y densidad, evitando cualquier debilidad estructural que pudiera comprometer la funcionalidad del sistema de enfriamiento. Este enfoque no solo garantiza que los componentes cumplan con los requerimientos de resistencia y durabilidad esperados en el proyecto, sino que también aprovecha eficientemente las propiedades del material ABS, haciendo del diseño una solución práctica y efectiva para la aplicación específica dentro del vehículo autónomo.

Tabla 11

Propiedades del material ABS para impresión 3D

Propiedad	Detalle
Resistencia al Impacto	Alta resistencia al impacto, incluso a bajas temperaturas
Resistencia Térmica (Temperatura de Transición Vítrea)	Alta, adecuado para aplicaciones de alta temperatura
Flexibilidad	Mantiene cierta flexibilidad, ampliando su versatilidad
Resistencia a la Tensión	2.9-43 MPa
Resistencia a la Flexión	2100 MPa
Temperatura del Extrusor	230-250°C
Temperatura de la Cama Caliente	95-110°C
Velocidad de Impresión	30-60 mm/s
Altura de la Capa	0.1-0.2 mm

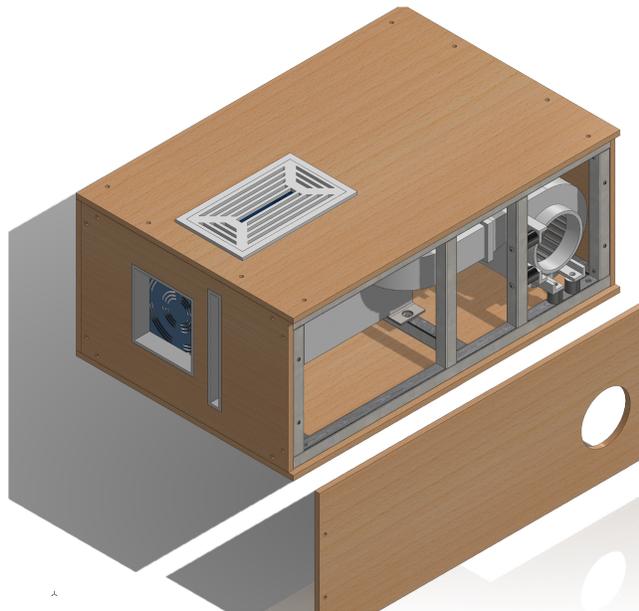
Nota: *Esta tabla detalla las propiedades técnicas del material ABS utilizado en la impresión 3D. Se incluyen aspectos como la resistencia mecánica, térmica y la versatilidad de uso, así como los parámetros de impresión recomendados.*

Para el diseño de la protección superior contra la humedad y el polvo, se está avanzando en el desarrollo de un recubrimiento innovador para estructuras, utilizando un material avanzado denominado DURAPLAC RH. Este material destaca por su composición basada en resinas MUF (Melamina Urea Formaldehído), reconocidas por su alta resistencia a la humedad. Su distintiva tonalidad verde no solo añade un toque estético único, sino que también señala su especial composición.

Los paneles de aglomerado DURAPLAC RH® se distinguen por su excepcional resistencia a la humedad, una cualidad obtenida a través del uso de las resinas MUF (Melamina Urea Formaldehído). Estos paneles se fabrican seleccionando cuidadosamente distintos tipos de madera, lo que resulta en una densidad óptima que cumple con las exigencias de las normativas UNE-EN 312:2010. (Cotopaxi, 2023)

Figura 31

Ensamble final de la estructura



Nota: Presentación del ensamble final de la estructura de protección, demostrando la integración de los componentes para la protección de la electrónica del ANTA.

En la Figura 31 se presenta el diseño 3D final del sistema de protección, el cual incorpora paredes fabricadas con materiales resistentes a la humedad y un filtro de aire en la parte

superior para prevenir la entrada de polvo al interior de la cámara de seguridad del ordenador. Se sugiere aplicar silicona en cada unión de las caras del protector para bloquear el ingreso de polvo a través de las pequeñas fisuras y también para prevenir la entrada de agua bajo condiciones climáticas adversas.

Además, hemos elaborado una tabla comparativa de los diferentes tipos de silicona comúnmente utilizadas en vehículos. Esta comparación es crucial para seleccionar la opción más adecuada para su uso en nuestro sistema de protección.

Tabla 12

Comparativa Numérica de Silicona normal y Vehicular

Característica	Silicona normal	Silicona para Vehicular
Resistencia a la temperatura (°C)	150	250
Resistencia a la humedad (%)	80	90
Durabilidad (años)	5	10
Sumatoria	235	350

Nota: *Esta tabla presenta una comparación numérica entre las propiedades de la silicona normal y la silicona diseñada para uso vehicular. Se destacan diferencias clave en la resistencia a la temperatura y la humedad, así como en la durabilidad esperada.*

Tras definir el diseño final, es crucial considerar el sistema de control de enfriamiento para el computador, poniendo especial atención en el disipador de calor. Para ello, se ha diseñado un sistema de ventilación que tiene como objetivo introducir aire fresco y dirigirlo hacia el disipador de calor a través de un canal específico.

En la planificación del sistema de control, es imprescindible incorporar un modelo matemático que nos permita gestionar el encendido del motor de manera efectiva, asegurando así la eficiencia del sistema de enfriamiento.

Es vital considerar variables como la temperatura ambiente, la temperatura del computador, y la capacidad térmica de los materiales utilizados. En la tabla siguiente, se identificarán cada una de estas variables, lo que facilitará el desarrollo de un sistema de control preciso y eficaz.

Tabla 13*Variables para el Sistema de Control de Enfriamiento*

Símbolo	Descripción
c	Calor específico del aire
Φ_m	Temperatura de la superficie del material medida por el sensor
Φ_o	Temperatura de ambiente, valor constante 22°C
$\frac{1}{R}$	Conductancia térmica
\dot{Q}	Ecuación de caudal de aire
C	Capacidad térmica del material

Nota: Esta tabla resume las principales variables utilizadas en el sistema de control de enfriamiento, incluyendo sus símbolos y descripciones correspondientes.

Donde cada variable cuenta con sus unidades:

- c es el calor específico del aire, $c = \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{C}}$
- R es la conductancia térmica, $R = \frac{^\circ\text{Cseg}}{\text{Kcal}}$
- \dot{Q} es el caudal de aire, $\dot{Q} = \frac{\text{Kcal}}{\text{seg}}$
- Φ_m es la temperatura ambiente, $\Phi_m = 22^\circ\text{C}$
- C es la capacidad térmica del material, $C = \frac{\text{Kcal}}{^\circ\text{C}}$

Para determinar la capacidad térmica del aire, es esencial ejecutar una serie de pasos metódicos. Iniciamos este proceso identificando la masa de aire, que se calcula mediante la multiplicación de la densidad del aire por el volumen de la cámara de aire. La densidad estándar del aire se reconoce como $1.225 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ a nivel del mar y a una temperatura de 15°C , un dato estándar y fundamental en estudios atmosféricos y meteorológicos. Esta cifra es crucial en la física de la atmósfera y se utiliza habitualmente en cálculos que involucran la dinámica de fluidos. (V, 2019)

El diseño del sistema de admisión de aire establece el volumen de la cámara. Las dimensiones específicas son 0.04m , 0.062m y 0.2563m , respectivamente, resultando en un volumen de cámara de $0.04 \times 0.062 \times 0.2563\text{m}^3$. Con estos datos en mano, procedemos a calcular la masa de aire mediante la fórmula:

Masa del aire = densidad del aire \times volumen de la cámara

$$\text{Masa del aire} = 1.225 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times (0.04 \times 0.062 \times 0.2563) \text{m}^3$$

$$\text{Masa del aire} = 0.0007786 \text{kg}$$

Habiendo determinado la masa de aire, el siguiente paso es calcular la capacidad térmica, la cual depende del calor específico del aire. Según los valores obtenidos de las fuentes consultadas, el calor específico promedio del aire a presión constante es de $0.24 \frac{\text{kcal}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$. (Oliver y Mon, 2017)

La capacidad térmica del aire se obtiene a partir de la multiplicación de la masa del aire por su calor específico. Se representa mediante la ecuación:

$$\text{Capacidad térmica del aire} = \text{masa del aire} \times \text{calor específico} \quad (1)$$

Con una masa del aire de 0.0007786 kg y un calor específico de $0.24 \text{kcal/kg}^\circ\text{C}$, obtenemos que:

$$\text{Capacidad térmica del aire} = 0.0007786 \text{kg} \times 0.24 \text{kcal/kg}^\circ\text{C} \quad (2)$$

$$\text{Capacidad térmica del aire} = 0.00018703 \text{kcal/}^\circ\text{C} \quad (3)$$

Una vez obtenida la capacidad térmica del aire, el cálculo de la resistencia térmica del material, en este caso el aluminio, requiere la adquisición de los siguientes valores específicos.

Tabla 14*Variables del disipador de calor*

Símbolo	Descripción	Valor
L	Longitud del disipador	0.5 cm
k	Conductividad térmica del aluminio	205 kcal/m°C*seg
A	Área de la sección transversal del disipador	0.03358 m ²

Nota: Esta tabla resume los valores obtenidos del disipador de calor que tiene la computadora Nuvo-8111, tomando en cuenta la resistencia térmica del material que es aluminio. (HyperPhysics, 2024)

Una vez identificadas las variables pertinentes al disipador de calor, procedemos al cálculo de la resistencia térmica del material. La resistencia térmica, R , se define como el grosor, L , dividido por el producto de la conductividad térmica, k , y el área, A . Con un grosor de 0.005 m, una conductividad térmica de 214.96 kcal/(m · °C · h), y un área de 0.03358 m², la resistencia térmica del aluminio se calcula de la siguiente manera:

$$R = \frac{L}{k \cdot A} = \frac{0.005 \text{ m}}{214.96 \text{ kcal}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{h}) \cdot 0.03358 \text{ m}^2} \quad (4)$$

El valor de R , inicialmente expresado en (°C · h)/kcal, se convierte a (°C · seg)/kcal realizando la conversión adecuada:

$$R = 0.0006924 \frac{^\circ\text{C} \cdot \text{h}}{\text{Kcal}} = 2.4926 \frac{^\circ\text{C} \cdot \text{seg}}{\text{Kcal}} \quad (5)$$

Una vez calculada la resistencia térmica del material, procedemos a establecer el flujo de calor del disipador. Consideramos que la temperatura inicial del disipador es de 22°C y alcanza hasta 80°C. Utilizando la ecuación de Fourier para la conducción de calor en estado estacionario:

$$\dot{Q} = \frac{k \cdot A \cdot \Delta T}{L}$$

Donde ΔT es la diferencia de temperatura entre la final e inicial, obtenemos un ΔT de 80°C – 22°C = 58°C. Con los valores previamente obtenidos, el cálculo se realiza de la

siguiente manera:

$$\dot{Q} = \frac{0.05971 \text{kcal}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{seg}) \cdot 0.03358 \text{m}^2 \cdot 58^\circ\text{C}}{0.005 \text{m}}$$

Esto resulta en un flujo de calor \dot{Q} de 23.22 kcal/s.

Consideramos la ecuación diferencial de la temperatura del aire de salida con la conductancia térmica y el caudal de aire dados:

$$C \frac{d\Phi_o}{dt} = \dot{Q} + \frac{1}{R}(\Phi_m - \Phi_o) \quad (6)$$

Realizamos el despeje y obtenemos lo siguiente:

$$C \frac{d\phi_o}{dt} = \dot{Q} + \frac{\phi_m}{R} - \frac{\phi_o}{R} \quad (7)$$

Sumando términos similares, la ecuación se reorganiza como:

$$C \frac{d\phi_o}{dt} + \frac{\phi_o}{R} = \dot{Q} + \frac{\phi_m}{R} \quad (8)$$

Multiplicando ambos lados de la ecuación por R , obtenemos:

$$RC \frac{d\phi_o}{dt} + \phi_o = R\dot{Q} + \phi_m \quad (9)$$

Aplicamos la transformada de Laplace:

$$RCs\phi_o(s) + \phi_o(s) = R\dot{Q} + \phi_m \quad (10)$$

Despejamos $\phi_o(s)$:

$$\phi_o(s)(RCs + 1) = R\dot{Q} + \phi_m \quad (11)$$

$$\phi_o(s) = \frac{R\dot{Q} + \phi_m}{RCs + 1} \quad (12)$$

Al reemplazar con los valores obtenidos anteriormente, obtenemos la función de transferencia del sistema.

Sustituyendo los valores proporcionados en la ecuación anteriores:

$$\dot{Q} = 23.22 \text{ kcal/seg}$$

$$R = 2.4926 \text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{seg/kcal}$$

$$C = 0.00018703 \text{ kcal/}^\circ\text{C}$$

$$\phi_m = 22 \text{ }^\circ\text{C}$$

Obtenemos lo siguiente:

$$\phi_o(s) = \frac{2.4926 \text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{seg/kcal} \cdot 23.22 \text{ kcal/seg} + 22 \text{ }^\circ\text{C}}{2.4926 \text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{seg/kcal} \cdot 0.00018703 \text{ kcal/}^\circ\text{C} \cdot s + 1}$$

La función de transferencia $\phi_o(s)$, con las unidades incluidas, es:

$$\phi_o(s) = \frac{79.87 \text{ }^\circ\text{C}}{0.00046619 \text{ seg} \cdot s + 1}$$

7. Resultados

7.1. Establecer los parámetros iniciales para el diseño de interconexión de dispositivos inteligentes con el sistema ROS para el vehículo autónomo ANTA

El punto 6.1 del proyecto se centra en establecer los parámetros iniciales cruciales para diseñar una interconexión efectiva de dispositivos inteligentes en el sistema ROS (Robot Operating System) para el vehículo autónomo ANTA. Este paso es fundamental, ya que la selección y configuración adecuadas de los dispositivos determinan la eficacia y eficiencia del vehículo en operaciones autónomas. La identificación precisa de dispositivos como computadoras industriales de alta capacidad, cámaras monoculares, interruptores de red, sistemas GNSS y sensores LIDAR, junto con sus características de comunicación, velocidades de transmisión,

requerimientos mecánicos y consumo de energía, constituye la base para una integración y comunicación fluidas entre los componentes.

La inclusión de tablas detalladas en el documento, describiendo especificaciones técnicas de cada componente, refleja un enfoque metódico y minucioso hacia el diseño. Por ejemplo, se destaca la computadora industrial Nuvo-8111, que actúa como el núcleo de procesamiento del ANTA, resaltando sus interfaces de comunicación y robustez mecánica para soportar las condiciones operativas del vehículo. Del mismo modo, se examinan las cámaras monoculares y el switch de red CISCO SG95D-08, subrayando su importancia en la percepción visual y la comunicación interna del vehículo, respectivamente. Estos elementos, junto con los sensores LIDAR y los sistemas GNSS, son cruciales para la localización precisa y la detección de objetos, aspectos fundamentales para la autonomía y seguridad del ANTA.

Este análisis detallado proporciona una base sólida para el montaje y la interoperabilidad efectiva de los distintos componentes, asegurando que el vehículo autónomo ANTA esté equipado para realizar operaciones autónomas de manera eficiente y segura. La meticulosa selección y configuración de los dispositivos, fundamentada en especificaciones técnicas y comparaciones entre componentes, subrayan la importancia de una planificación exhaustiva en las etapas iniciales del diseño para el éxito del proyecto.

7.2. Proponer el diseño de la interconexión de dispositivos inteligentes con el sistema ROS para el vehículo autónomo ANTA.

El punto 6.2 aborda la propuesta de diseño para la interconexión de dispositivos inteligentes utilizando el sistema ROS en el vehículo autónomo ANTA, optando por una topología de estrella. Esta elección estratégica garantiza una comunicación eficiente, centralizando el control y facilitando la detección de fallos, lo que resulta en una red más escalable y flexible, características esenciales para el desarrollo de proyectos tecnológicamente avanzados como el ANTA.

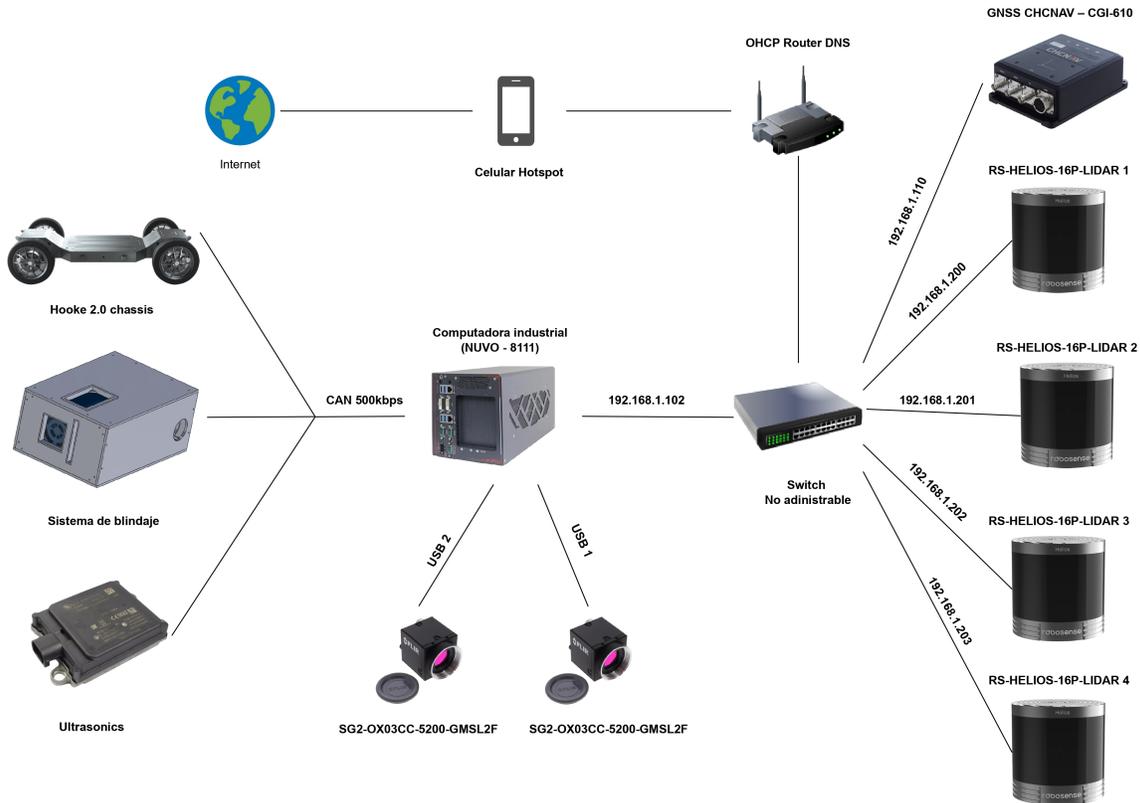
La implementación de conexiones Ethernet y CAN, como se detalla en la propuesta, permite una distribución de conexión optimizada, crucial para la transmisión, recepción y envío de datos entre todos los dispositivos vinculados. La utilización de estas tecnologías permitirá una distribución de conexión optimizada, cuyo esquema podrá ser examinado detalladamente en la Figura 32 correspondiente, la cual ilustra la propuesta de diseño de conexión.

Este enfoque no solo mejora la gestión de la red al facilitar la centralización del control y la detección de fallos, sino que también aumenta la escalabilidad y flexibilidad del sistema,

elementos esenciales para el desarrollo de proyectos tecnológicamente avanzados.

Figura 32

Conexión de dispositivos inteligentes



Nota: Diseño de conexión de dispositivos inteligentes utilizando una topología de estrella para una red robusta y escalable.

7.3. Exploración de Restricciones Operativas del Sistema ROS en el Vehículo Autónomo ANTA

El avance tecnológico en la robótica y la automatización ha propiciado el desarrollo de vehículos autónomos como ANTA, una plataforma que integra complejos sistemas de software y hardware para funcionar sin intervención humana directa. El punto 6.3 del proyecto

final se enfoca en el análisis de las restricciones operativas que el sistema ROS (Robot Operating System) podría presentar en el movimiento de ANTA. Este sistema constituye la columna vertebral del software de robótica, proporcionando las herramientas necesarias para el desarrollo de funciones autónomas.

Con el uso de Omniverse de NVIDIA, se llevó a cabo un análisis detallado para evaluar el comportamiento del vehículo dentro de un entorno simulado en tiempo real. Omniverse, siendo una potente plataforma de simulación, ofrece un entorno virtual donde se pueden replicar con precisión las condiciones del mundo real, lo cual es esencial para validar la funcionalidad del sistema ROS implementado en ANTA.

Durante las pruebas, se observó el movimiento del vehículo en la plataforma de Omniverse, conectado a ROS2, el cual es la última versión del sistema ROS que ofrece mejoras significativas en la comunicación entre dispositivos y aplicaciones. La integración de ANTA con ROS2 dentro de Omniverse se mostró exitosa, donde se pudo verificar que el vehículo no presentaba restricciones inherentes en su movimiento, confirmando la robustez y adaptabilidad del sistema ROS.

Sin embargo, se identificaron restricciones operativas que son autoimpuestas, esenciales para el diseño y la funcionalidad segura del vehículo. Entre estas, el giro de las ruedas y la velocidad máxima son limitaciones controladas que garantizan la operación dentro de los parámetros de seguridad y eficiencia energética. Se consideró también la influencia de factores externos, como la fricción de la superficie y las condiciones meteorológicas, que podrían afectar la dinámica del vehículo.

Una imagen clave en el análisis muestra ANTA realizando maniobras en la plataforma de Omniverse. Esta visualización es crítica ya que permite a los ingenieros observar la respuesta del vehículo a diferentes comandos de movimiento y ajustar los parámetros del sistema ROS en consecuencia. A través de esta simulación, se pueden probar distintos escenarios de conducción y analizar la respuesta del vehículo ante situaciones imprevistas, sin el riesgo que conlleva una prueba física real.

Además de las pruebas de movimiento, se evaluaron las capacidades de procesamiento y respuesta del sistema ROS, como la recolección de datos a través de sensores y la toma de decisiones autónoma. Estos aspectos son fundamentales para la navegación autónoma, ya que permiten al vehículo percibir su entorno, tomar decisiones informadas y ejecutar acciones de manera segura y efectiva.

El análisis también se extendió a la revisión del código y la arquitectura del sistema ROS para asegurar la escalabilidad y la mantenibilidad del software. Se llevaron a cabo revisiones de código para optimizar la eficiencia y reducir posibles cuellos de botella en la comunicación

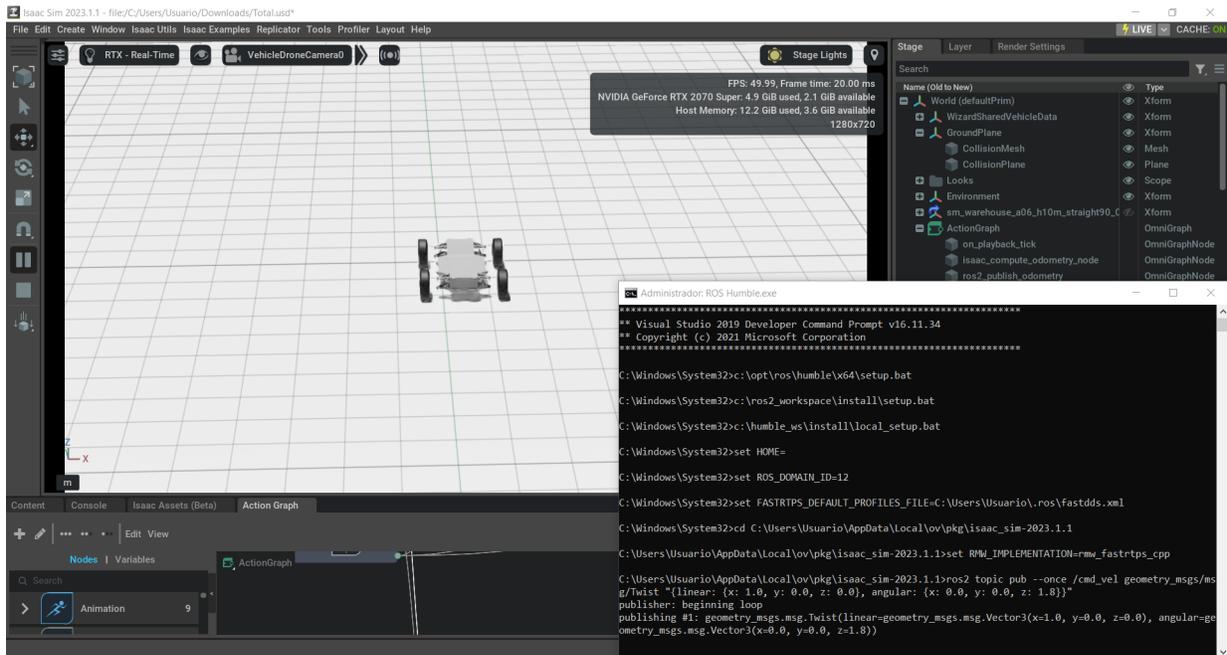
de datos. La arquitectura del sistema se diseñó teniendo en cuenta la posibilidad de futuras expansiones y actualizaciones, lo que asegura la longevidad y la relevancia continua del proyecto ANTA.

La colaboración entre el equipo de ingenieros y desarrolladores fue un aspecto crucial para el éxito del análisis. La experiencia combinada en robótica, ingeniería mecánica y desarrollo de software permitió un enfoque holístico en la resolución de problemas y la optimización del sistema ROS en ANTA.

En conclusión, el punto 6.3 del proyecto culminó con un entendimiento profundo de las capacidades y restricciones del sistema ROS en el vehículo autónomo ANTA. La plataforma Omniverse de NVIDIA demostró ser una herramienta invaluable para este propósito, y la imagen del movimiento del vehículo es testimonio de la exitosa integración y optimización del sistema ROS2.

Figura 33

Conexión entre ROS2 y Omniverse de NVIDIA



Nota: Ilustración de la interfaz de conexión entre ROS2 y NVIDIA Omniverse, destacando la colaboración entre software para el funcionamiento del ANTA.

7.4. Proponer el diseño de un sistema de blindaje mecánico para salvaguardar los componentes informáticos del vehículo autónomo ANTA.

El análisis en el Punto 6.4 del proyecto se enfoca en proponer un diseño para un sistema de blindaje mecánico, cuyo propósito es proteger los componentes informáticos del vehículo autónomo ANTA. Esta sección del proyecto es de vital importancia ya que aborda directamente la integridad y seguridad del hardware esencial para la operación del vehículo. La protección de la computadora industrial NUVO-8111 es primordial para salvaguardarla de elementos potencialmente dañinos como el polvo y la humedad, que pueden comprometer su funcionamiento y, en consecuencia, la navegación y operatividad del ANTA.

La metodología adoptada para la elaboración de un sistema de blindaje eficaz considera un análisis de normativas internacionales, incluyendo la certificación IP (Ingress Protection), que establece estándares para la resistencia contra el ingreso de partículas sólidas y líquidos. Se realizó una evaluación meticulosa de los materiales disponibles, considerando no solo su capacidad de protección sino también su durabilidad, peso y coste. La decisión recayó en el uso de acero galvanizado para la estructura principal del blindaje, debido a sus propiedades de resistencia a la oxidación y su durabilidad en condiciones adversas, lo que lo hace ideal para la protección contra el polvo y el agua.

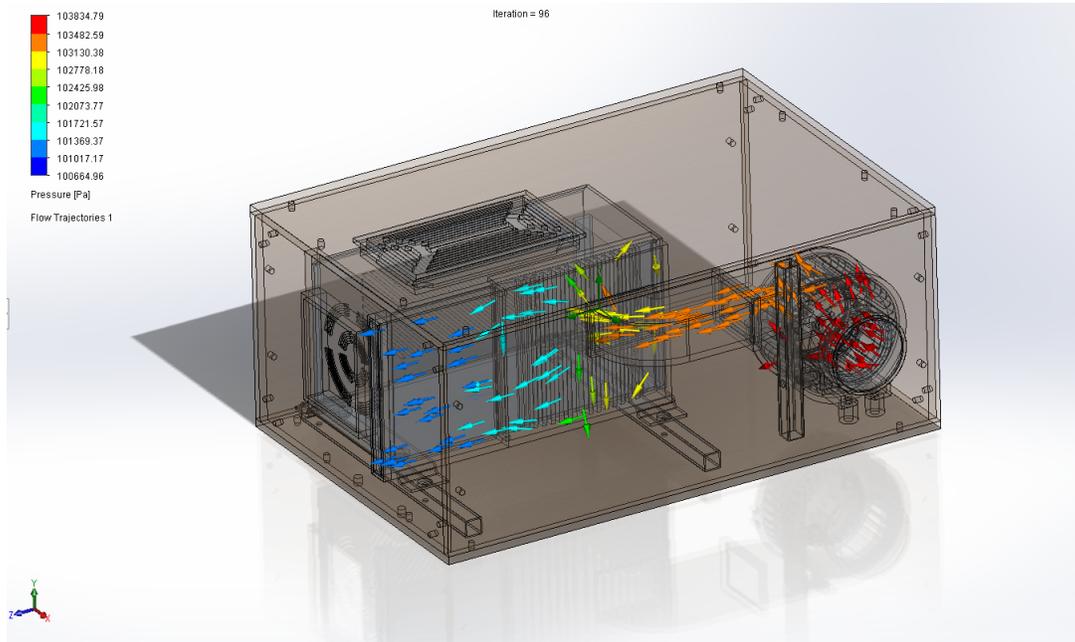
Un aspecto crucial en el diseño del blindaje es la gestión térmica, esencial para mantener la operatividad de la computadora sin riesgo de sobrecalentamiento. El diseño incluye un sistema de ventilación que permite el flujo de aire necesario para la disipación de calor. Se examinaron distintas configuraciones de rejillas y filtros que no comprometen la protección integral del sistema contra la entrada de agua y polvo, pero que facilitan la ventilación adecuada.

La Tabla 9 del proyecto presenta una matriz de decisión utilizada para seleccionar el motor de ventilación más adecuado, evaluando diversas opciones en función de su flujo de aire, consumo energético y corriente. Cada motor fue calificado según su rendimiento en estos criterios, y la ponderación de cada uno refleja su importancia en la decisión final, asegurando que la elección contribuya al funcionamiento eficiente del sistema de blindaje.

El diseño final del sistema de blindaje mecánico se proyectará para que se ajuste perfectamente al chasis Hooke 2.0 del vehículo, sin interferir con otras funciones o con el acceso a la computadora para su mantenimiento. Se realizarán prototipos virtuales para pruebas preliminares antes de la fabricación definitiva, lo que permitirá iterar en el diseño para garantizar que el blindaje no solo sea funcional y seguro, sino que también contribuya a la estética y la imagen del vehículo ANTA.

Figura 34

Análisis por medio de software del sistema de enfriamiento



Nota: Simulación computacional de dinámica de fluidos realizada en el software Solidworks para analizar el sistema de enfriamiento.

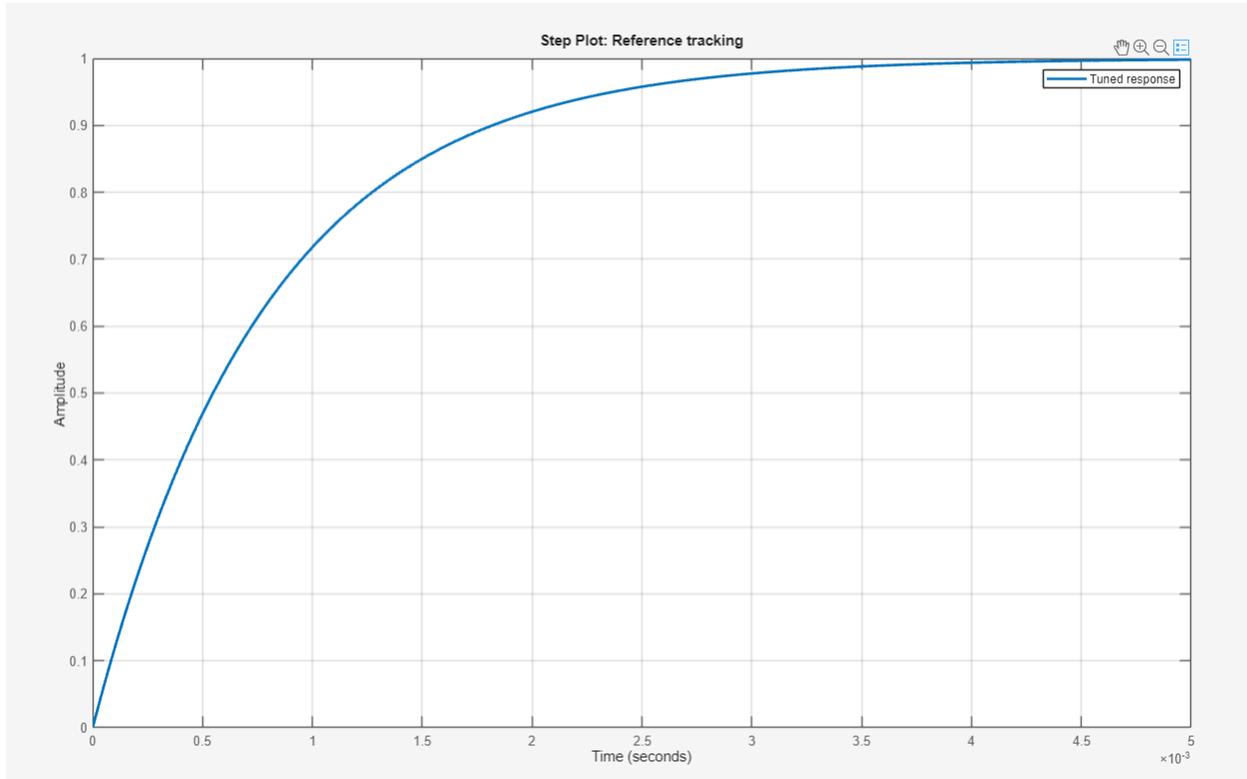
Para el diseño del sistema de control, se derivó una ecuación de primer orden que establece la base para el ajuste de nuestros controladores. Es esencial determinar los coeficientes apropiados para K_p (ganancia proporcional) y K_i (ganancia integral), ya que estos valores son fundamentales para el comportamiento y la estabilidad del sistema.

Para la sintonización precisa de estos parámetros, recurrimos al uso de MATLAB y, en particular, a su herramienta PID Tuner. Esta aplicación especializada facilita la calibración de los controladores PI (Proporcional-Integral), proporcionando un método estructurado y eficiente para alcanzar la respuesta dinámica deseada en el sistema bajo control.

La figura 35 adjunta muestra los resultados obtenidos a través de PID Tuner, ilustrando los valores específicos para K_p y K_i que serán implementados en el modelo de control.

Figura 35

Respuesta del sistema al ajuste del PI

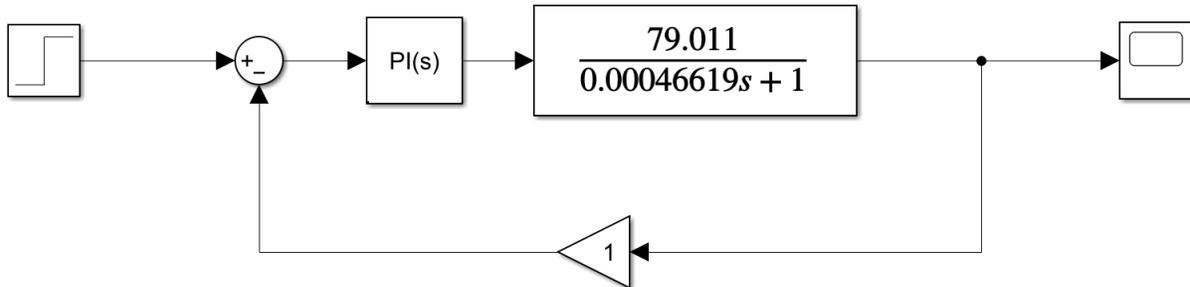


Nota: respuesta del sistema al ajuste del PI, alcanzando una estabilización rápida y suave, lo que indica que los parámetros del controlador PI ($K_p = 0.007384$, $K_i = 15.85$) están bien sintonizados para el sistema modelado.

Una vez que se establecen estos parámetros, procedemos a integrarlos en nuestro diagrama de bloques en Simulink. Esta poderosa plataforma de MATLAB se especializa en la simulación y modelado de sistemas dinámicos, permitiéndonos probar y verificar la eficacia de nuestro diseño de control en un entorno virtual.

Figura 36

Diagrama de Bloques del Sistema de Control en Simulink

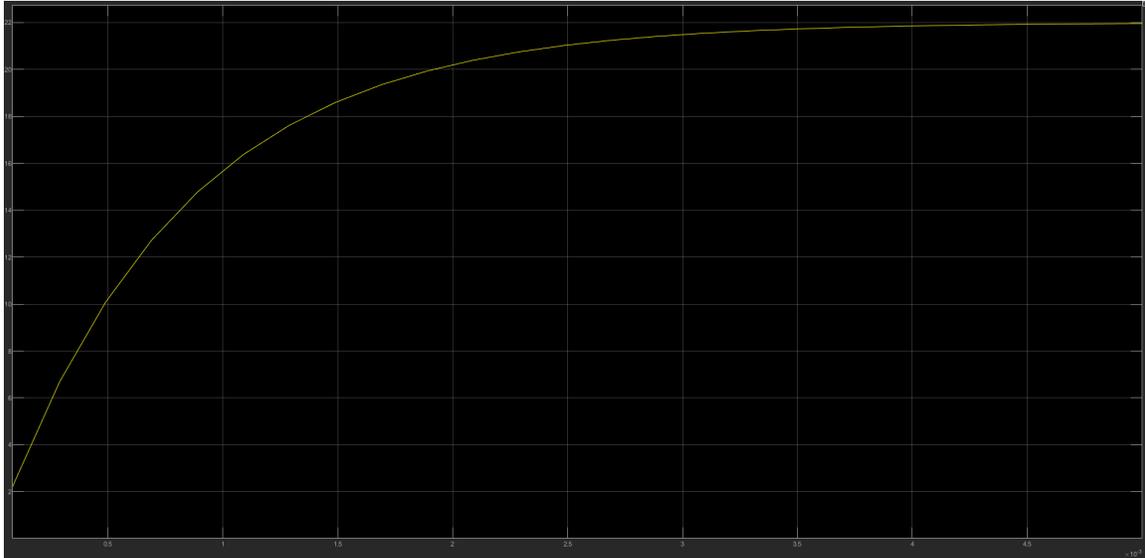


Nota: El diagrama de bloques presenta claramente la estructura del sistema de control diseñado para el sistema de enfriamiento, mostrando la entrada, el controlador PI con sus parámetros ajustados, y la planta que representa el comportamiento dinámico del sistema.

Con el análisis concluido en Simulink, la imagen resultante refleja el comportamiento del sistema, mostrando que logra estabilizarse en un periodo breve de tan solo 0.005 segundos. Este resultado es un indicador positivo de un sistema de control bien diseñado, capaz de alcanzar la estabilidad deseada con rapidez y eficacia.

Figura 37

Resultado de la Simulación en Simulink



Nota: El osciloscopio exhibe que el sistema alcanza una respuesta estable y mantiene la estabilidad con una rápida convergencia al estado deseado en aproximadamente 0.005 segundos, lo que refleja la adecuada sintonización de los parámetros de control.

8. Conclusiones

El proyecto delineó meticulosamente los parámetros iniciales para integrar dispositivos inteligentes con el sistema ROS en el vehículo autónomo ANTA. Esta iniciativa fue fundamental para fomentar un ecosistema de interconexión eficaz, crucial para las operaciones autónomas del vehículo. Al identificar y configurar con precisión dispositivos como computadoras industriales de alta capacidad, cámaras monoculares, conmutadores de red, sistemas GNSS y sensores LIDAR, el proyecto sentó una base sólida para una comunicación e interoperabilidad fluidas entre varios componentes. La inclusión de tablas detalladas que describen las especificaciones técnicas de cada dispositivo refleja un enfoque metódico y minucioso del diseño. Esta cuidadosa planificación garantiza que el vehículo ANTA esté equipado con una red robusta y eficiente de dispositivos inteligentes, facilitando la localización precisa, la detección de objetos y, en definitiva, garantizando la seguridad y autonomía del vehículo. El éxito del proyecto en el establecimiento de estos parámetros subraya la importancia de una fase de diseño detallada y

bien considerada en el desarrollo de sistemas de vehículos autónomos, sentando un precedente para futuros avances en este campo.

El proyecto se embarcó en la tarea crítica de diseñar un marco de interconexión para dispositivos inteligentes que utilizan el Sistema Operativo de Robot (ROS) para el vehículo autónomo ANTA. Al optar por una topología en estrella, esta elección de diseño respalda la integración perfecta y la comunicación eficiente entre los dispositivos interconectados, lo que garantiza que los datos se transmitan, reciban y enruten con precisión. La incorporación de conexiones Ethernet y CAN en este diseño no solo muestra un enfoque estratégico para la integración de hardware sino que también resalta el compromiso del proyecto con infraestructuras de comunicación robustas y escalables. Esta sección demuestra efectivamente la meticulosa planificación y previsión del proyecto en la creación de una red que admita los complejos requisitos de la operación de vehículos autónomos, incluido el procesamiento de datos en tiempo real y la interoperabilidad de dispositivos. El enfoque del diseño en la tolerancia a fallas y el control central mejora la confiabilidad y manejabilidad del sistema, estableciendo una base sólida para las necesidades tecnológicas avanzadas del vehículo ANTA.

La profundiza en las limitaciones operativas del sistema operativo robótico (ROS) dentro del vehículo autónomo ANTA, destacando el examen metódico de estas limitaciones a través de la plataforma NVIDIA Omniverse. Esta sección subraya el papel fundamental de ROS al proporcionar una columna vertebral para la arquitectura de software del vehículo, facilitando las herramientas necesarias para operaciones robóticas sólidas. La utilización de NVIDIA Omniverse como herramienta de simulación ofreció información invaluable sobre el comportamiento del vehículo en un entorno simulado del mundo real, permitiendo así una evaluación precisa de las capacidades y limitaciones de ROS dentro del contexto del movimiento autónomo. La exitosa integración y optimización de ROS2 dentro de este entorno indica un importante paso adelante en la superación de las limitaciones operativas, demostrando la capacidad del vehículo para navegar sin restricciones evidentes. La exploración de limitaciones operativas, como el radio de giro de las ruedas y la velocidad máxima, dentro de parámetros predefinidos de seguridad y eficiencia energética, muestra un enfoque estratégico para el diseño y la funcionalidad del vehículo, garantizando que el vehículo ANTA opere dentro de límites seguros y eficientes.

En la Sección 6.4, presenta un enfoque integral para diseñar un sistema de blindaje mecánico para proteger los componentes informáticos del vehículo autónomo ANTA contra peligros

ambientales. Esta iniciativa subraya el enfoque del proyecto en la durabilidad, confiabilidad y protección de componentes de hardware vitales esenciales para el funcionamiento del vehículo. A través de una evaluación meticulosa de materiales como acero galvanizado, aluminio y plásticos de ingeniería, el proyecto identifica el equilibrio óptimo entre protección, rentabilidad y consideraciones de peso. La adopción de estándares internacionales de certificación IP para resistencia al polvo y al agua ejemplifica aún más el compromiso del proyecto con la calidad y la seguridad. La integración estratégica de sistemas de ventilación para gestionar cargas térmicas sin comprometer la integridad del escudo destaca un proceso de diseño cuidadoso que aborda los desafíos multifacéticos de proteger componentes electrónicos sensibles en entornos operativos. Esta sección demuestra un enfoque holístico del diseño, considerando no sólo los requisitos de protección inmediatos sino también la eficiencia operativa a largo plazo y la accesibilidad al mantenimiento de los sistemas informáticos del vehículo.

9. Recomendaciones

Con base en el análisis integral realizado en la **Sección 6.1** para el vehículo autónomo ANTA, se recomienda que los esfuerzos futuros refinen aún más la interconexión de dispositivos inteligentes que utilizan el sistema ROS. Para aprovechar el trabajo preliminar establecido, se deben evaluar continuamente los avances en tecnología y los dispositivos inteligentes emergentes para determinar su posible inclusión. La integración de sensores y módulos de comunicación más sofisticados podría mejorar la percepción y la capacidad de toma de decisiones del vehículo. Además, explorar el uso de IA y algoritmos de aprendizaje automático para el procesamiento y análisis de datos podría mejorar significativamente las funciones autónomas del vehículo. También es esencial garantizar la escalabilidad del sistema ROS para adaptarse a futuras actualizaciones y expansiones. Esto podría implicar el desarrollo de arquitecturas y protocolos de software más flexibles para facilitar la integración de nuevos dispositivos y tecnologías. Las pruebas y validaciones continuas del sistema de interconexión en diversos escenarios operativos serán cruciales para identificar cualquier limitación o área de mejora, garantizando así que el vehículo permanezca a la vanguardia de la tecnología de vehículos autónomos.

Siguiendo el diseño estratégico descrito en la **Sección 6.2** para la interconexión de dispositivos inteligentes dentro del vehículo autónomo ANTA, se recomienda continuar evolucionando la

arquitectura del sistema para incorporar tecnologías y protocolos de comunicación emergentes. A medida que avanzan las tecnologías de conducción autónoma, la integración de estándares de comunicación más sofisticados, como 5G o comunicaciones dedicadas de corto alcance (DSRC), podría mejorar aún más la conectividad de los vehículos, permitiendo una menor latencia y un mayor ancho de banda para las interacciones entre el vehículo y todo (V2X). Además, explorar mecanismos de redundancia más allá de la topología en estrella, como las redes en malla, podría ofrecer una mayor resiliencia contra fallas del sistema, garantizando un funcionamiento ininterrumpido en diversas condiciones. La implementación de medidas avanzadas de ciberseguridad adaptadas a las vulnerabilidades específicas de las redes automotrices será crucial para salvaguardar la integridad y la privacidad de los datos. Por último, la realización de pruebas exhaustivas en el mundo real para validar el marco de interconexión en diversos escenarios ambientales y de tráfico garantizará la confiabilidad y eficacia del sistema, allanando el camino para el despliegue exitoso de vehículos autónomos en las vías públicas.

Con base en los hallazgos de la **Sección 6.3**, se recomienda que los desarrollos futuros se centren en abordar y mitigar las limitaciones operativas identificadas dentro del marco ROS para el vehículo autónomo ANTA. Aprovechando los conocimientos obtenidos de las simulaciones de NVIDIA Omniverse, las investigaciones futuras deberían tener como objetivo refinar y optimizar la integración de software y hardware del vehículo. Mejorar la arquitectura ROS para admitir una mayor flexibilidad y escalabilidad será crucial para dar cabida a funcionalidades autónomas avanzadas y hacer frente a escenarios operativos complejos. Los esfuerzos también deberían dirigirse a mejorar las capacidades de procesamiento de datos y toma de decisiones en tiempo real, potencialmente mediante la incorporación de algoritmos de aprendizaje automático y tecnologías de sensores más avanzados. Además, ampliar la gama de entornos simulados dentro de Omniverse podría proporcionar información más profunda sobre el rendimiento del vehículo en diversas condiciones, informando aún más el proceso de desarrollo. Garantizar la colaboración continua entre los desarrolladores de software y los ingenieros mecánicos será vital para lograr un sistema cohesivo e integrado capaz de superar las limitaciones operativas actuales, avanzando así en el estado de la tecnología de vehículos autónomos.

Siguiendo las consideraciones de diseño detalladas descritas en la **Sección 6.4** para el sistema de blindaje mecánico del vehículo autónomo ANTA, se recomienda explorar más avances en ciencia e ingeniería de materiales para mejorar las capacidades de protección. Investigar el uso de materiales compuestos podría ofrecer relaciones superiores de resistencia-

peso, reduciendo potencialmente el peso total de la estructura de protección y manteniendo o mejorando sus cualidades protectoras. Además, la incorporación de tecnologías de ventilación inteligentes que ajusten dinámicamente el flujo de aire en función de las cargas térmicas podría optimizar la eficiencia de la refrigeración y reducir el consumo de energía. El análisis térmico de la computadora central del vehículo autónomo ANTA es fundamental para garantizar su rendimiento y durabilidad. Dada la alta carga de procesamiento de información, el calor generado puede afectar seriamente la operación del hardware. Se propone un monitoreo constante de la temperatura utilizando sensores de precisión para rastrear las emisiones de calor de los componentes críticos. Este análisis térmico, complementado con pruebas de rendimiento bajo condiciones extremas, permitirá identificar los puntos de estrés térmico y diseñar un sistema de enfriamiento adecuado para contrarrestarlos.

Referencias

- About cruise - our mission.* (s.f.). <https://getcruise.com/about/>. (Accedido el 23 de diciembre de 2023)
- About tesla.* (2023). https://www.tesla.com/es_es/about. (Accedido el 23 de diciembre de 2023)
- Automationware - soluciones de automatización.* (2023). <https://www.directindustry.es/prod/automationware/product-192516-2394360.html>. (Visitado el 31 de diciembre de 2023)
- Bello, L. L., Patti, G., y Leonardi, L. (2023). A perspective on ethernet in automotive communications—current status and future trends. *Applied Sciences*, 13(3), 1278. (Último acceso: 27 de enero de 2024) doi: 10.3390/app13031278
- BLACKFLYS, F. (2018). *Bfs-pge-16s2-technical-reference-min*. Disponible en: https://www.restarcc.com/dcms_media/other/BFS-PGE-16S2-Technical-Reference-min.pdf. (Fecha de acceso: 31 de octubre de 2023)
- Buitrago Barrera, J. A. (2017). Estudio del protocolo de comunicación serial bus can y la aplicación en la industria de vehículos de transporte buscar de colombia.
- Canonical. (2023). *Ros 2 humble security, a tour of the new and improved features*. Descargado de <https://ubuntu.com/blog/ros-2-humble-security-a-tour-of-the-new-and-improved-features> (Última visita en enero de 2024)
- Cerutti, I., Behredin, A. M., Andriolli, N., Ladouceur, O. L., y Castoldi, P. (2016). Ring versus bus topology: A network performance comparison of photonic integrated noc. En *2016 18th international conference on transparent optical networks (icton)* (pp. 1–4).
- CHCNAV. (2023). *Cgi-610 gnss/ins sensor*. Disponible en: <https://chcnav.com/product-detail/cgi+-+610>. (Fecha de acceso: 31 de octubre de 2023)
- CISCO. (2020). *Cisco 95 series unmanaged switches data sheet*. Disponible en: <https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/switches/95-series-unmanaged-switches/datasheet-c78-733616.html>. (Fecha de acceso: 31 de octubre de 2023)
- Cotopaxi, A. (2023). *Duraplac rh - tableros de aglomerado resistente a la humedad*. <https://www.cotopaxi.com.ec/producto/duraplac-tableros-de-aglomerado/duraplac-rh>. (Último acceso: 12 de febrero de 2024)
- Cruise automation: la startup low cost de los coches autónomos.* (2023). Descargado de <https://blogthinkbig.com/cruise-automation> (Accedido el 23 de diciembre de 2023)

- de Lara, M. B. M. (2023). *El caso de cruise y las mentiras alrededor de los vehículos autónomos*. <https://es.linkedin.com/pulse/el-caso-de-cruise-y-las-mentiras-alrededor-los-manuela-trduf>. (Accedido el 23 de diciembre de 2023)
- Goyo, K. (2024). *Coches autónomos: Tecnología, impacto y desafíos en la nueva era de la movilidad*. Descargado de <https://www.ingenieria.es/coches-autonomos/> (Último acceso: 15 de enero de 2024)
- HyperPhysics. (2024). *Conductividad térmica del aluminio*. Descargado de <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Tables/thrcn.html> (Último acceso: 23 Febrero de 2024)
- IIAMMX. (2024). *¿qué es un protocolo de comunicación automotriz? todo lo que necesitas saber*. <https://iiammx.com/blog/que-es-un-protocolo-de-comunicacion-automotriz/>. (Accedido el 01 de Febrero de 2024)
- Londoño Roldán, D. J. (2018). Prototipo de una red inalámbrica con topología tipo malla utilizando módulos xbee.
- Los autos con conducción autónoma de tesla estuvieron implicados en 273 accidentes en EEUU*. (2023). Descargado de <https://www.infobae.com/america/wapo/2022/06/15/los-autos-con-conduccion-autonoma-de-tesla-estuvieron-implicados-en-273-accidentes-en-eeuu/> (Accedido el 28 de diciembre de 2023)
- Madrigal Moreno, N. D., Sergio Alejandro y Muñoz Ceballos. (2019). Vehículos de guiado autónomo (agv) en aplicaciones industriales: Una revisión. *Revista Politécnica*, 15(28), 117-137.
- Mancilla, D. L., y Cahuich, G. L. (2018). Sincronización de osciladores caóticos por acoplamiento a modelos en redes de topología estrella. *Pistas Educativas*, 38(120).
- Mejía, M. A., Martijena, A. A., Ruíz, A. A. C., Arias, Á. I. R., Cuello, E. B., Maimó, J. G., y Mariano-Hernández, D. (2021). Protocolos y topologías utilizadas en los sistemas de comunicación de las microrredes eléctricas. *Ciencia, Ingenierías y Aplicaciones*, 4(1), 81-95.
- METALHIERRO MANTA-ECUADOR. (2024). *Tubo cuadrado galvanizado*. <https://metalhierro.com/producto/2431-tubo-cuadrado-galvanizado>. (Accedido el 25 de Enero de 2024)
- Miguélez Machado, C. G., Benítez González, I. O., Rivera Rivera, A. M., y Moreno Vega, V. (2020). Implementación de sistema operativo robótico en una plataforma de robot móvil. *Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones*, 41(3), 79-92.
- Miguel Paraíso, M. Á. d. (2015). *Desarrollo de herramienta para comunicación con vehículo a través de can-bus* (B.S. thesis).

- Molina Salvador, K. R., y cols. (2015). Comunicación electrónica del automóvil: Sistema can-bus. *Revista tecnológica*.(2013), 6 (6), 39-42.
- Nvidia omniverse adopted by global automotive-configurator developer ecosystem*. (2024). <https://blogs.nvidia.com/blog/omniverse-automotive-configurator-developer-ecosystem/>. (Accedido: 10/01/2024)
- Nvidia omniverse foundation apps*. (2024). <https://www.nvidia.com/es-es/omniverse/foundation-apps/>. (Accedido: 10/01/2024)
- Oliver, D. A. L., y Mon, A. B. G. (2017, Junio). *Medición de la capacidad calorífica de los cuerpos y su relación con la inercia térmica* (Inf. Téc.). Facultad de Arquitectura, Universidad Nacional Autónoma de México. Descargado Febrero 2024, de <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Tables/thrcn.html> (Práctica elaborada con recursos del Fondo CONACyT-SENER a través del proyecto 260155)
- Open Robotics. (2022). *Ros 2 humble hawkbill release!* Descargado de <https://www.openrobotics.org/blog/2022/5/24/ros-2-humble-hawkbill-release> (Última visita en enero de 2024)
- Piloto automático | tesla*. (2023). Descargado de https://www.tesla.com/es_ES/autopilot (Accedido el 28 de diciembre de 2023)
- ROBOSENSE. (2021). *Rs-helios-16p datasheet*. Disponible en: <https://www.roscomponents.com/es/lidar-escaner-laser/rs-helios-16p>. (Fecha de acceso: 31 de octubre de 2023)
- Secure automotive ethernet for automated driving – multi-level security architecture. (2024). Descargado de <https://www.elektrobit.com/blog/automotive-ethernet-automated-driving-multi-level-security/> (Último acceso: 21 de enero de 2024)
- Technologies, K. (2021, June). *Automotive ethernet: The future of in-vehicle networking*. Descargado de <https://www.keysight.com/blogs/en/tech/sim-des/2021/06/10/automotive-ethernet-the-future-of-in-vehicle-networking> (Último acceso: 22 de enero de 2024)
- Technology, N. (2020). *nuvo-6108gc-gpu-computing.pdf*. Disponible en: <https://neousys-web-bucket.s3-us-west-1.amazonaws.com/datasheet/nuvo-6108gc-gpu-computing.pdf>. (Fecha de acceso: 31 de octubre de 2023)
- Tesla española*. (2023). https://www.tesla.com/es_es. (Accedido el 28 de diciembre de 2023)
- Topología de red en anillo*. (2024). <https://topologiasdered.com/red-en-anillo/>. (Último acceso el 20 de enero de 2024)
- Topología de red en bus*. (2024). <https://topologiasdered.com/red-en-bus/>. (Último

- acceso el 15 de enero de 2024)
- Topología de red en estrella.* (2024). <https://topologiasdered.com/red-en-estrella/>. (Último acceso el 25 de enero de 2024)
- Topología de red en malla.* (2024). <https://topologiasdered.com/red-en-malla/>. (Último acceso el 28 de enero de 2024)
- Topología de red en árbol.* (2024). <https://topologiasdered.com/red-en-arbol/>. (Último acceso el 30 de enero de 2024)
- V, W. (2019). *¿cuál es la densidad del aire a stp?* Blog de Machine Applications Corporation. Descargado de <https://macinstruments.com/blog/what-is-the-density-of-air-at-stp/> (Último acceso: 14 de marzo de 2024)
- Vanguardia, L. (2023). *Los coches autónomos de waymo aprueban en seguridad: solo 3 heridos leves en 11,5 millones de km recorridos.* <https://www.lavanguardia.com/andro4all/tecnologia/coches-autonomos-waymo-aprueban-en-seguridad-solo-3-heridos-leves-115-millones-km-recorridos>. (Accedido el 20 de diciembre de 2023)
- Vásquez Monroy, D. J., y cols. (2018). *Implementación de protocolo de enrutamiento multicamino basado en topología de árbol para aplicaciones de recolección de información en redes inalámbricas de sensores* (Tesis de Master no publicada). Universidad del Norte.
- Waymo. (2023). *Waymo - una nueva forma de moverse.* <https://waymo.com/intl/es/>. (Accedido el 20 de diciembre de 2023)
- Yu, C.-M., Ku, M.-L., y Lin, H.-K. (2018). A hybrid mesh-ring topology for bluetooth networks. En *2018 ieee 5g world forum (5gwf)* (pp. 520–523).
- Ziehensack, M., y Pallierer, R. (2024). *Secure automotive ethernet for automated driving – multi-level security architecture.* Descargado de <https://www.elektrobit.com/blog/automotive-ethernet-automated-driving-multi-level-security/> (Último acceso: 21 de enero de 2024)

ANEXOS

Anexo A: Matriz de Consistencia Lógica

Tabla 15

Matriz de consistencia.

MATRIZ DE CONSISTENCIA				
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	MARCO TEÓRICO
¿Cual es el diseño idóneo para el sistema de interconexión de dispositivos inteligentes basado en ROS para el vehículo autónomo ANTA.?	Diseñar el sistema de interconexión de dispositivos inteligentes basado en ROS para el vehículo autónomo ANTA.	El diseño del sistema que permitirá la interconexión de dispositivos inteligentes basado en ROS para el vehículo autónomo ANTA.	-VI: Diseño de la interconexión. -VD: Tiempo de envío de datos.	Sistema que permitirá la interconexión de dispositivos inteligentes basado en ROS para el vehículo autónomo ANTA.
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLES	MARCO TEÓRICO
¿Se podrá establecer los parámetros para el diseño de la arquitectura de interconexión de dispositivos inteligentes con el sistema ROS para el vehículo autónomo ANTA?	Establecer los parámetros iniciales para el diseño de interconexión de dispositivo inteligente con el sistema ROS para el vehículo autónomo ANTA.	Se establecerá las condiciones de diseño de interconexión de dispositivos inteligente con el sistema ros para el vehículo autónomo ANTA.	-VI: Diseño de la interconexión. -VD: Tiempo de envío de datos.	Parámetros para el diseño de interconexión de dispositivos inteligente con el sistema ROS para el vehículo autónomo ANTA.
¿ Es factible de la interconexión de dispositivos inteligentes con el sistema ROS para el vehículo autónomo ANTA?	Proponer el diseño de la interconexión de dispositivos inteligentes con el sistema ROS para el vehículo autónomo ANTA.	Se propondrá el diseño de la interconexión de dispositivos inteligentes con el sistema ROS para el vehículo autónomo ANTA.	-VI: Diseño de la interconexión. -VD: Tiempo de envío de datos.	Conexión de dispositivos inteligentes con el sistema ROS.
¿Es posible analizar restricciones del sistema ROS para el movimiento del vehículo autónomo ANTA.?	Analizar posibles restricciones del sistema ROS para el movimiento del vehículo autónomo ANTA.	Se evaluara las posibles restricciones del sistema ROS para el movimiento del vehículo autónomo ANTA.	-VI: Diseño de la interconexión. -VD: Tiempo de envío de datos.	Restricciones del sistema ROS para el movimiento del vehículo autónomo ANTA.
Es posible diseñar un sistema de blindaje mecánico para salvaguardar los componentes informáticos del vehículo autónomo ANTA.	Proponer el diseño de un sistema de blindaje mecánico para salvaguardar los componentes informáticos del vehículo autónomo ANTA.	Se propondrá el diseño de un sistema de blindaje mecánico para salvaguardar los componentes informáticos del vehículo autónomo ANTA.	-VI: Diseño de blindaje mecánico. -VD: Sistema de protección.	Diseño de un sistema de blindaje mecánico para salvaguardar los componentes informáticos del vehículo autónomo ANTA.

Nota: La matriz de consistencia presentada facilita identificar la relación que existe entre las variables y los objetivos además de como se relaciona con el marco teórico referencial.

Anexo B: Operacionalización de Variables

La tabla 16 presenta la operacionalización de la variable dependiente: tiempo de operación.

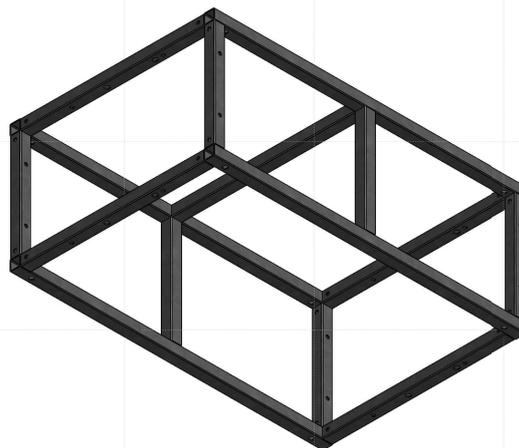
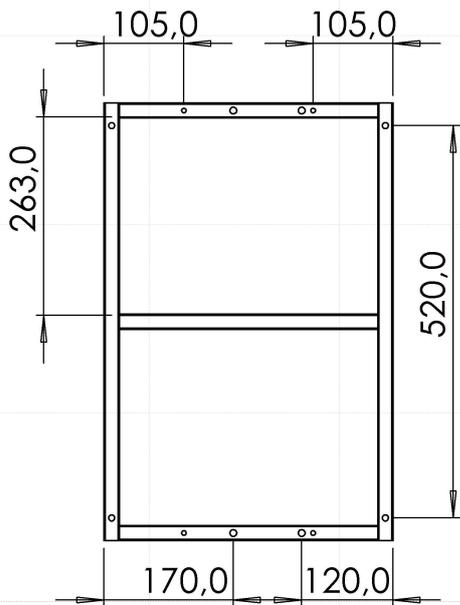
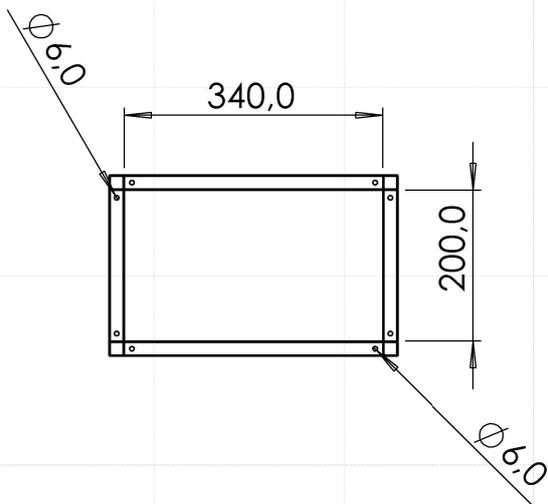
Tabla 16

Variable dependiente.

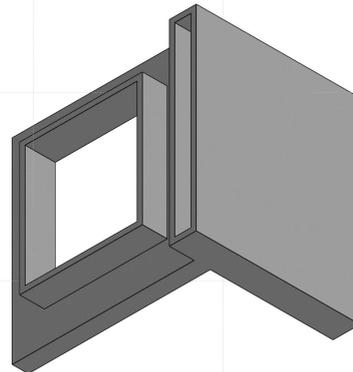
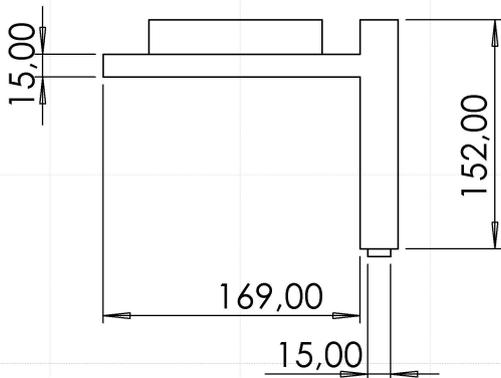
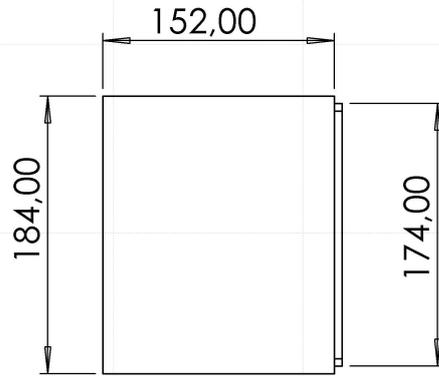
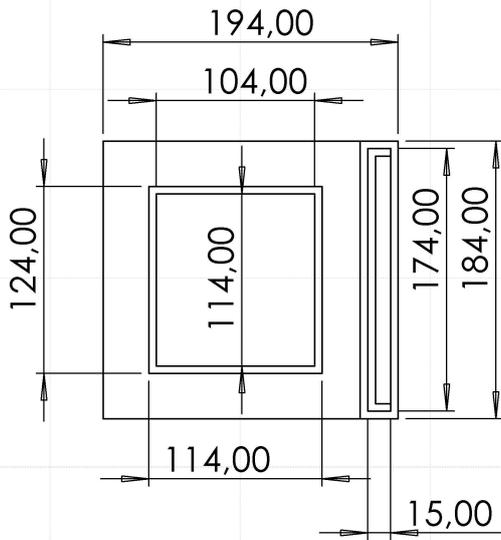
VARIABLE DEPENDIENTE: TIEMPO DE CONEXIÓN				
Dimensiones	Definiciones	Indicador	Magnitud	Instrumento de medición o Fuente
Interconexión de dispositivos inteligentes	<p>Definición conceptual: Magnitud física que permite ordenar la secuencia de los sucesos, estableciendo un pasado, un presente y un futuro, y cuya unidad en el sistema internacional es el segundo.</p> <p>Definición operacional: Es el envío de datos que se realiza de los diferentes dispositivos inteligentes, con la comunicación que se esta utilizando.</p>	Tiempo	Segundos	Cronómetro

Nota: La tabla presenta las definiciones de las dimensiones de la variable dependiente utilizada en la investigación. Cada variable puede tener diferentes dimensiones y todas ellas deben ser medibles.

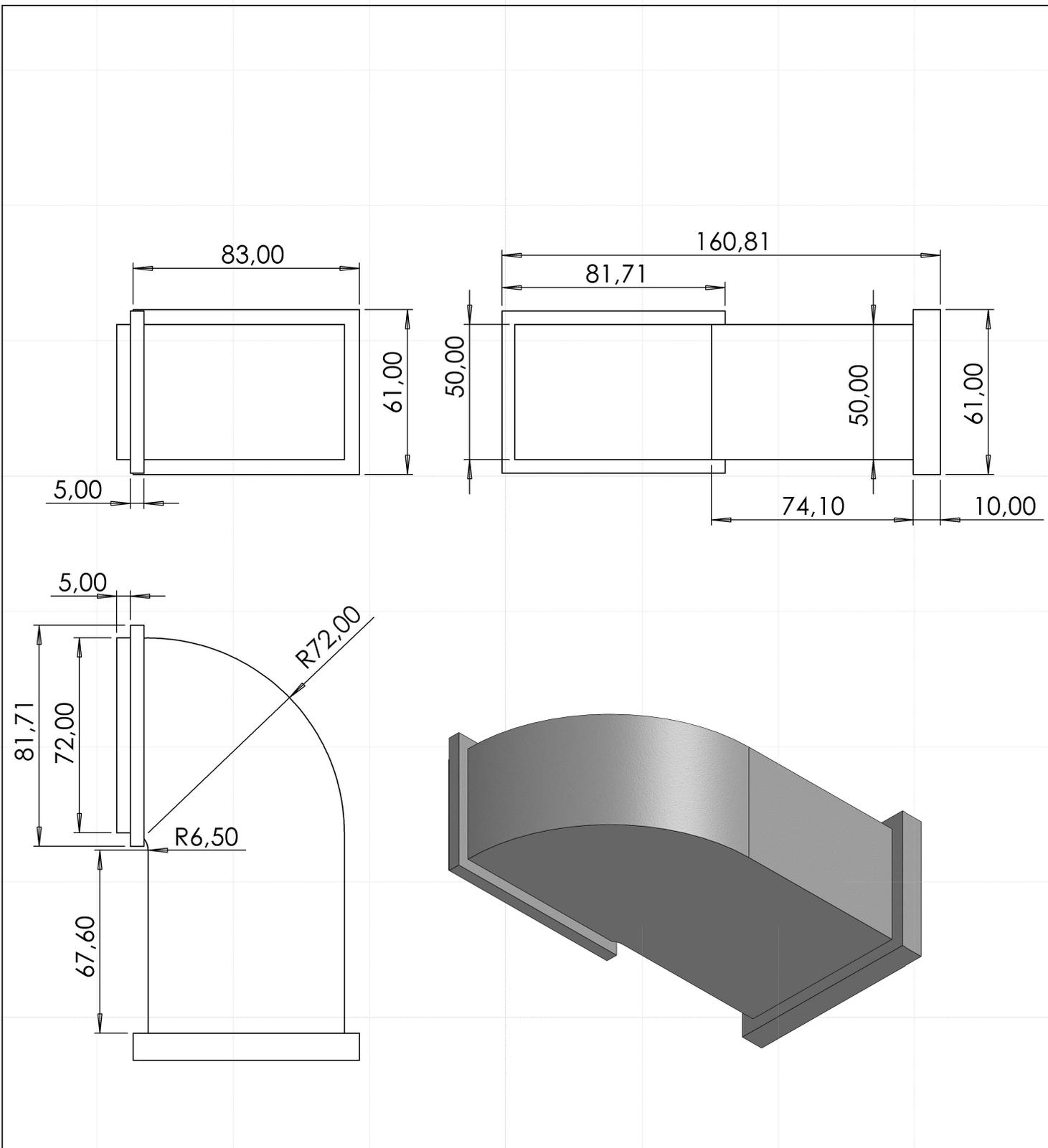
De acuerdo al anexo 10, los anexos presentan evidencias que se consideran relevantes para la explicación del documento como los instrumentos de recopilación de la información.



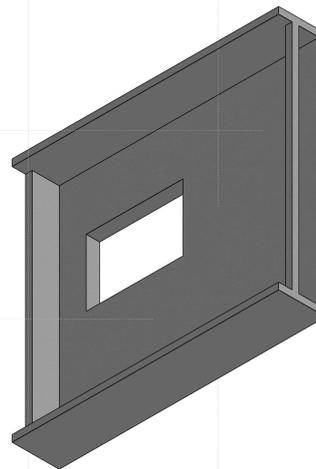
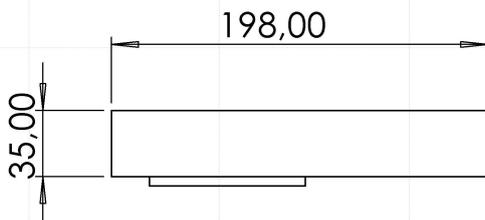
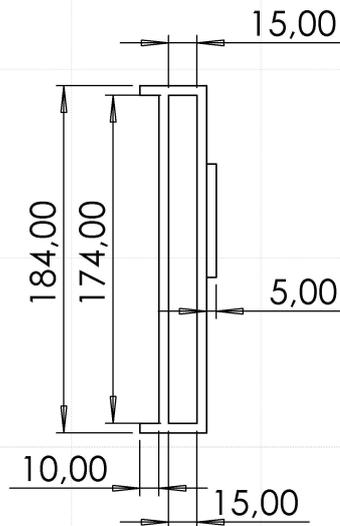
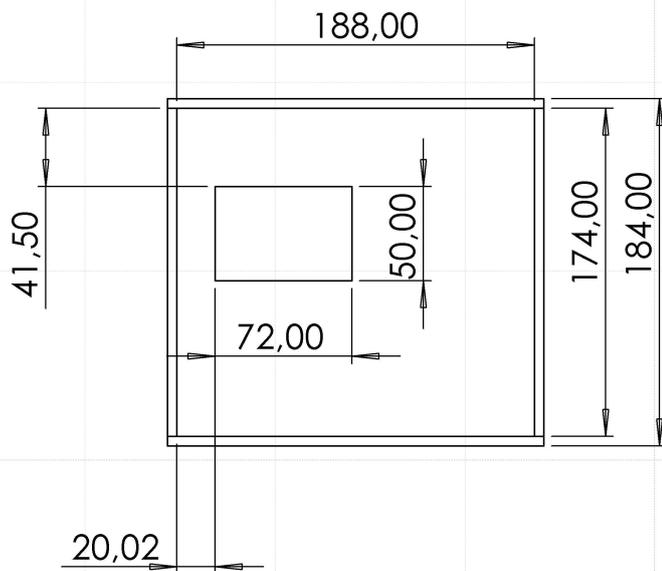
-----	1	<i>Estructura de blindaje</i>		<i>Acero galvanizado</i>	<i>INEN 2415</i>	-----
Pos.	Cant.	Denominación		Material	Norma	Notas
VIII CICLO		Fecha	Nombre		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS <i>Carrera de Ingeniería Mecánica</i>	
Dibujado	12/01/2024	<i>Est. Jarold Pazmiño</i>				
Comprobado	20/02/2024	<i>Ing. Paul Ortiz</i>				
Escala:	Tol. gen.:	Subconjunto:				
1:10	ISO 2768-m					
Lámina:	Lam. 1	ESTRUCTURA DE BLINDAJE				



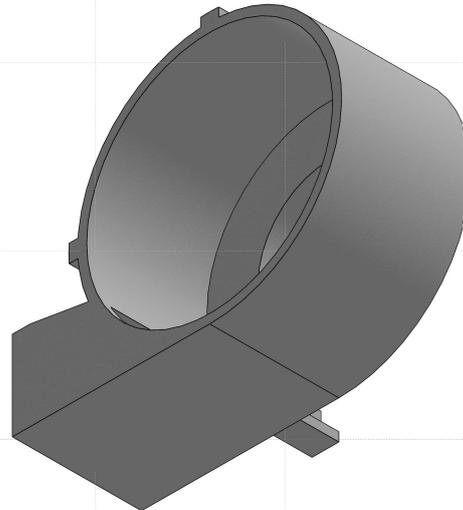
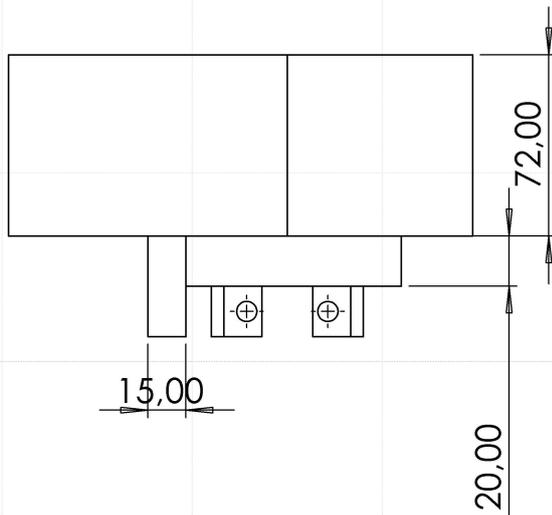
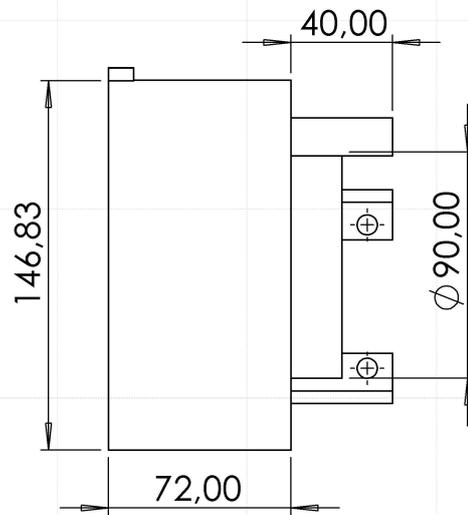
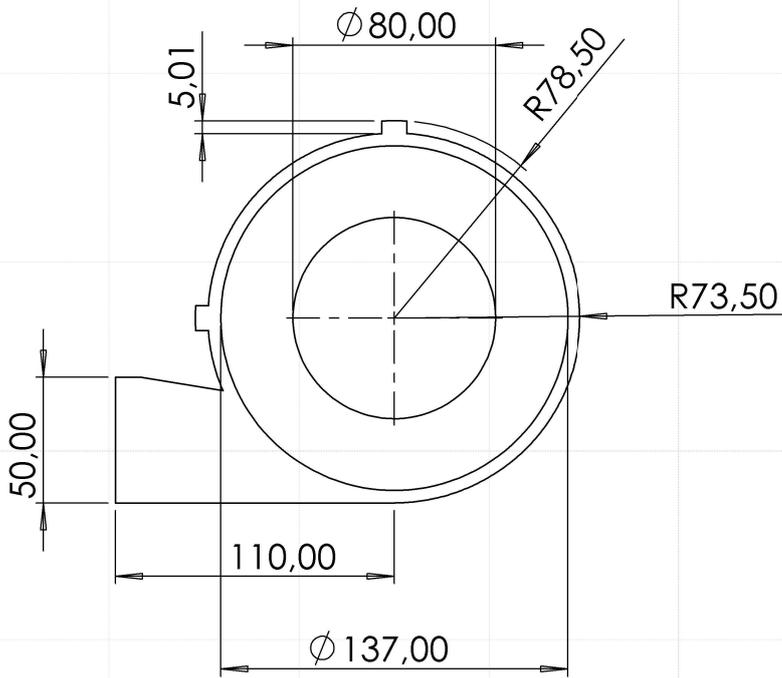
----	1	CANAL DE VIENTO		ABS	-----	----
Pos.	Cant.	Denominación		Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre			UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica	
Dibujado	12/01/24	Est. Jarold Pazmiño				
Comprobado	20/02/24	Ing. Paul Ortiz				
Escala:	Tol. gen.:	Subconjunto:				
1:3	ISO 2768-m					
Lámina:	Lam. 2	DESFOGUE DE CANAL DE VIENTO				



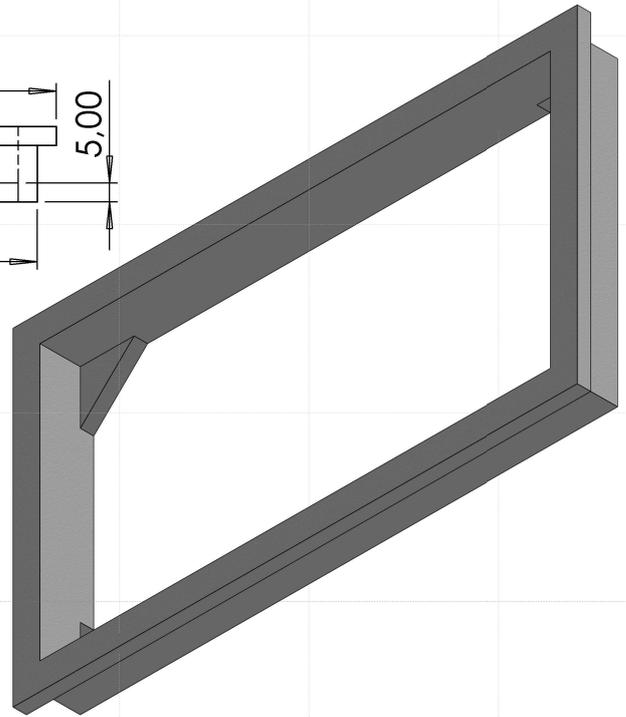
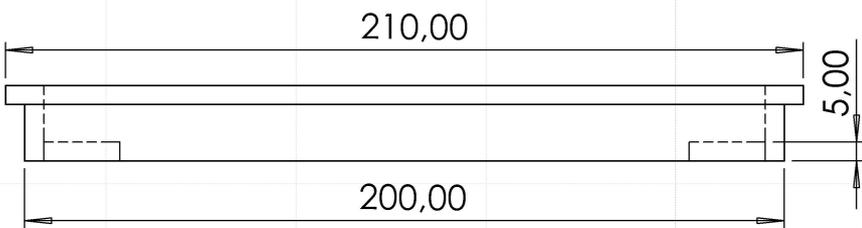
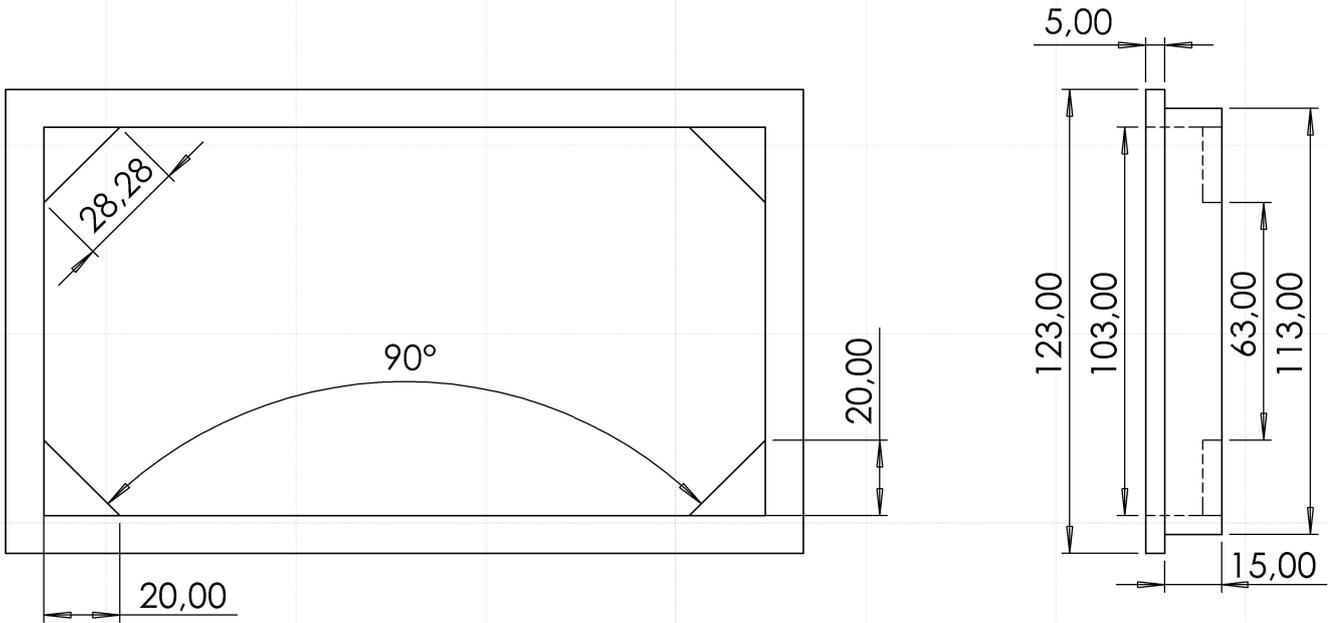
----	1	<i>TUNEL DE VIENTO</i>		ABS	-----	----
Pos.	Cant.	Denominación		Material	Norma	Notas
VIII CICLO		Fecha	Nombre		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica	
Dibujado	12/01/24	Est. Jarold Pazmiño				
Comprobado	20/02/24	Ing. Paul Ortiz				
Escala:	Tol. gen.:	Subconjunto:				
1:4	ISO 2768-m					
Lámina: Lam. 3		TUNEL DE VIENTO				



-----	1	<i>CAMARA DE VIENTO</i>		ABS	-----	-----
Pos.	Cant.	Denominación		Material	Norma	Notas
VIII CICLO		Fecha	Nombre		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica	
Dibujado	12/01/24	Est. Jarold Pazmiño				
Comprobado	20/02/24	Ing. Paul Ortiz				
Escala:	Tol. gen.:	Subconjunto:				
1:4	ISO 2768-m					
Lámina: Lam. 3		CAMARA DE VIENTO				



-----	1	RECUBRIMIENTO DEL BLOWER		ABS	-----	-----
Pos.	Cant.	Denominación		Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre			UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecatrónica	
Dibujado	12/01/24	Est. Jarold Pazmiño				
Comprobado	20/02/24	Ing. Paul Ortiz				
Escala: 1:3		Tol. gen.: ISO 2768-m		Subconjunto:		
Lámina: Lam. 5		RECUBRIMIENTO DEL BLOWER				



-----	1	BASE DE FILTRO DE AIRE		ABS	-----	-----
Pos.	Cant.	Denominación		Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre			UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica	
Dibujado	12/01/24	Est. Jarold Pazmiño				
Comprobado	20/02/24	Ing. Paul Ortiz				
Escala:		Tol. gen.:		Subconjunto:		
1:2		ISO 2768-m				
Lámina: Lam. 6		BASE DE FILTRO DE AIRE				